

WORKING PAPER FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Nummer 377, Juli 2025

Energiewende in Baden-Württemberg

**Neue Herausforderungen für
Beschäftigung, Fachkräfte und Qualifizierung**

Ralf Löckener, Philip Ulrich, Lisa Becker, Katharina Hembach-Stunden,
Jenny Sundmacher und Birgit Timmer

Auf einen Blick

Das Land Baden-Württemberg hat ehrgeizige Ziele zum Klimaschutz formuliert. Die vorliegende Studie untersucht, wie sich diese Energiewende auf die Beschäftigung im Land auswirkt – quantitativ wie auch qualitativ. Die Kombination aus sektoraler Betrachtung, strukturökonomischer Analyse, gesamtwirtschaftlicher Modellierung und qualitativen Interviews mit regionalen Akteur:innen eröffnet einen umfassenden Blick auf Herausforderungen und Chancen einer klimagerechten und wirtschaftlich tragfähigen Transformation. Mit den Hebeln Innovationskraft und Qualifizierung werden für Baden-Württemberg Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Energiewende nicht nur klimapolitisch, sondern auch auf die Industrie- und Beschäftigungsentwicklung ausgerichtet werden kann.

© 2025 by Hans-Böckler-Stiftung
Georg-Glock-Straße 18, 40474 Düsseldorf
www.boeckler.de



„Energiewende in Baden-Württemberg“ von Ralf Löckener, Philip Ulrich, Lisa Becker, Katharina Hembach-Stunden, Jenny Sundmacher und Birgit Timmer ist lizenziert unter

Creative Commons Attribution 4.0 (BY).

Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell. (Lizenztext: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/de/legalcode>)

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. von Schaubildern, Abbildungen, Fotos und Textauszügen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

ISSN 2509-2359

Inhalt

Zusammenfassung.....	7
Vorwort des Ministeriums	12
Vorwort des DGB	13
1. Einleitung	14
2. Energiewende in Baden-Württemberg: Aktueller Stand und Ziele	17
3. Quantifizierung von Beschäftigungseffekten durch die Energiewende.....	20
3.1 Methodisches Vorgehen	22
3.2 Energiewirtschaft und Ausbau der Erneuerbaren Energien.....	24
3.3 Gebäude.....	35
3.4 Industrie.....	42
3.5 Zusammenfassung	45
4. Die Wirkung der Energiewende auf die Qualität von Beschäftigung und Arbeit.....	49
4.1 Methodisches Vorgehen	50
4.2 Anforderungen an inhaltlich-fachliche Kompetenzen.....	53
4.3 Auswirkungen von Digitalisierung	64
4.4 Anforderungen an prozessuale Kompetenzen	71
4.5 Anforderungen an überfachliche Kompetenzen	80
4.6 Gleichstellung	82
4.7 Wirkungen der Energiewende auf die Arbeitsbedingungen	84
4.8 Wirkungen auf die Interessenvertretung.....	89
5. Ansatzpunkte zur Verbesserung des Fachkräfteangebots	91
5.1 Verfügbarkeit von Fachkräften für die Energiewende: Status quo und Erwartungen für die Zukunft	92
5.2 Stärkung der Bildungswege zur Deckung des Fachkräftebedarfs	99

5.3 Weiterbildung zur Anpassung von Kompetenzen der Beschäftigten.....	116
5.4 Weiterentwicklung von Lernformen	119
5.5 Kooperationen zur Qualifizierung.....	121
5.6 Weitere Ansatzpunkte und Maßnahmen zur Mobilisierung von Fachkräften	126
5.7 Handlungsempfehlungen zur Mobilisierung von Fachkräften im Überblick.....	140
6. Industriepolitische Bedeutung der Energiewende in Baden-Württemberg	145
6.1 Quantitative Analyse der industriellen Wirtschaftsstruktur.....	146
6.2 Modellbasierte Wirkungsanalysen zur Energiewende	157
6.3 Zusammenfassung und Einordnung	164
7. Abschluss und Fazit	168
Literatur	174
Autorinnen und Autoren	197
Anhang.....	199

Abbildungen

Abbildung 1: Arbeitskräftebedarf nach Berufsgruppen, Bereich EE-Strom-Anlagen.....	34
Abbildung 2: Arbeitskräftebedarf der wichtigsten Berufsgruppen, Bereich EE-Wärme (Kleinanlagen)	39
Abbildung 3: Arbeitskräftebedarf der wichtigsten Berufsgruppen, Bereich energetische Gebäudesanierung	40
Abbildung 4: Arbeitskräftebedarf für die Energiewende in den betrachteten Sektoren und Handlungsfeldern 2022 und 2030	45
Abbildung 5: Kriterien zur Beschreibung der Qualität von Arbeit.....	52
Abbildung 6: Anzahl der dual Studierenden in den Bundesländern im Wintersemester 2023/2024	109
Abbildung 7: Branchen nach Lokalisationskoeffizient, Energiekostenanteil und Beschäftigtenzahl.....	148
Abbildung 8: Energieträgermix des Endenergieverbrauchs in der Industrie, Baden-Württemberg 2021	152
Abbildung 9: Umsatz mit Klimaschutzgütern 2013 bis 2022	156
Abbildung 10: Relative Abweichung der Beschäftigung in Deutschland	161

Tabellen

Tabelle 1: Übersicht der Emissionsreduktionen nach Sektoren sowie Zielsetzungen für das Jahr 2030 gemäß Bundes- Klimaschutzgesetz und Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg	18
Tabelle 2: Übersicht zu den betrachteten Handlungsfeldern der Energiewende und die Abdeckung in Bezug auf Beschäftigung.....	21
Tabelle 3: Zukunftspläne der zehn größten Kraftwerke mit fossilen Energieträgern (gemessen an der Bruttoleistung, die Stand November 2024 noch in Betrieb ist).....	29
Tabelle 4: Arbeitskräftebedarf im Bereich Ausbau von EE-Strom, Status quo und Zielszenario	32

Tabelle 5: Schlüsselberufe des Ausbaus von EE-Anlagen (Strom): Berufsgruppen und Beispiele zu Berufsuntergruppen nach Klassifikation der Berufe	35
Tabelle 6: Arbeitskräftebedarf im Sektor „Gebäude“ nach Handlungsfeldern und Anforderungsniveau der ausgeübten Tätigkeit.....	38
Tabelle 7: Schlüsselberufe nach Klassifikation der Berufe im Sektor Gebäude in den Bereichen EE-Wärme (Kleinanlagen) und Gebäudesanierung (Außenhülle)	42
Tabelle 8: Beschäftigte in IT-Berufen in der Energieversorgung in Deutschland und Baden-Württemberg am 30.6.2024	67
Tabelle 9: Anteil von Frauen in ausgewählten Berufsgruppen mit besonders hoher Relevanz für die Energiewende.....	83
Tabelle 10: Engpässe bei der Besetzung offener Stellen in den Berufsgruppen von hoher Relevanz für die Energiewende in Baden-Württemberg und Deutschland	93
Tabelle 11: Entwicklung der absolvierten fachberuflichen Ausbildungen in den für die Energiewende relevanten Berufsfeldern in Baden-Württemberg von 2013 bis 2023	103
Tabelle 12: Studienanfänger:innen in Baden-Württemberg und Deutschland in den Wintersemestern 2013/2014 und 2023/2024 in energiewenderelevanten Studiengängen	114
Tabelle 13: Übersicht über Handlungsempfehlungen	141
Tabelle 14: Arbeitskräftebedarf im Bereich EE-Strom: Synthese aus erwartetem Arbeitskräftebedarf, Engpassanalyse und EE-Relevanz.....	199
Tabelle 15: Arbeitskräftebedarf im Bereich Gebäude: Synthese aus erwartetem Arbeitskräftebedarf, Engpassanalyse und EE-Relevanz.....	201
Tabelle 16: Gruppierung der Wirtschaftszweige nach WZ 2008	210

Zusammenfassung

Die Energiewende gehört zu den zentralen politischen Maßnahmen für den Klimaschutz in Deutschland. Sie ist mit einer umfassenden Transformation in der Energieversorgung und Energieanwendung verbunden und betrifft so alle Wirtschaftssektoren sowie die privaten Haushalte. Die einzelnen Bundesländer sind in Abhängigkeit von den bisherigen Strukturen in der Energieversorgung und der Branchenzusammensetzung in unterschiedlicher Weise von der Energiewende betroffen und haben zugleich einen erheblichen Gestaltungsspielraum.

Für das Land Baden-Württemberg wurden Sektorziele erarbeitet, die eine Erfüllung der Treibhausgas-Reduktionsziele bis 2030 ermöglichen (ZSW et al. 2022) und in das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg eingeflossen sind. Das Energiekonzept des Landes definiert Leitlinien und Zielvorgaben für die Energiepolitik, um die Sektorziele zu erreichen (Umweltministerium BW 2024a). Im Mittelpunkt der strategischen Ausrichtung stehen neben der Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit auch die Aspekte Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit.

Seit der ersten Studie im Jahr 2016 zu den Auswirkungen der Energiewende in Baden-Württemberg auf die Beschäftigung (Löckener et al. 2016) hat sich die Energiewende deutlich weiterentwickelt und angesichts des fortschreitenden Klimawandels und der durch den Ukraine-Krieg bedingten Energiekrise an Bedeutung gewonnen. Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie, wie sich die Energiewende in Baden-Württemberg auf Beschäftigung und Arbeit in quantitativer und qualitativer Hinsicht auswirkt. Auf dieser Basis werden Handlungsempfehlungen zur Deckung des Fachkräftebedarfs abgeleitet und die Energiewende in Baden-Württemberg aus industrie-politischer Sicht bewertet.

Die vorliegende Studie kombiniert detaillierte sektorale Betrachtung, strukturökonomische Analyse, gesamtwirtschaftliche Modellierung und qualitative Interviews mit regionalen Akteur:innen. Damit entsteht ein umfassender Blick auf Herausforderungen und Chancen einer klimagerechten, wirtschaftlich tragfähigen Transformation.

Arbeitsplatzeffekte durch die Energiewende in Baden-Württemberg

Zur Abschätzung des Arbeitskräftebedarfs für die Energiewende wurden zentrale Sektoren analysiert: Energiewirtschaft, Gebäude und Teilbereiche der Industrie. Ziel war es, auf Basis verfügbarer Daten den Beschäftigungseffekt zwischen 2022 und 2030 zu quantifizieren. Die Ergebnisse zeigen einen erwarteten Anstieg der Bruttobeschäftigung von rund 100.000 auf 138.000 Personen.

Insbesondere technikorientierte Berufe in Bau und Produktion gewinnen stark an Bedeutung, ebenso Berufsfelder mit höheren Qualifikationsanforderungen. Die Analyse erfasst zwar nicht alle relevanten Beschäftigungsbereiche – etwa Wasserstoff oder Strom- und Fernwärmennetzausbau – verdeutlicht aber die arbeitsmarktpolitische Relevanz der Energiewende und die deutlichen Steigerungen, die zu erwarten sind.

Viele Maßnahmen zur CO₂-Reduktion in der Industrie sind zwar bedeutend, aber bislang schwer quantifizierbar, insbesondere bei Prozessoptimierungen. Der mengenmäßige Schwerpunkt der Beschäftigung, die durch die Energiewende induziert wird, liegt jedoch im Ausbau der erneuerbaren Energien sowie in der Steigerung der Energieeffizienz in den Sektoren Energiewirtschaft und Gebäude und in der energetischen Gebäudesanierung.

Strukturell zeigt sich, dass die für Baden-Württemberg zentralen Branchen, wie z. B. der Maschinen- und der Fahrzeugbau, nur vergleichsweise geringe Energiekostenanteile aufweisen. Energieintensive Branchen sind unterdurchschnittlich vertreten. Dadurch ist die Beschäftigung im Land strukturell weniger stark von Energiepreissteigerungen betroffen als andere Regionen.

Gleichzeitig bleibt die Industrie energiepreisabhängig, besonders in CO₂-intensiven Bereichen wie der Metallerzeugung sowie der Papier- und der Zementindustrie. Trotz der insgesamt relativ niedrigen CO₂-Intensität der baden-württembergischen Industrie stammen noch 42 Prozent des industriellen Endenergieverbrauchs aus fossilen Quellen. Die Herstellung von Klimaschutzgütern in der Industrie wächst dynamisch, insbesondere im Bereich Energieeffizienz und erneuerbare Energien, und bietet Chancen für Innovation und Export.

Ergänzend wurden auf Studienbasis auch gesamtwirtschaftliche Nettoeffekte betrachtet: Durch den Vergleich integrierter Szenarien mit und ohne Klimaschutzmaßnahmen wird deutlich, dass der Nettoeffekt auf die Beschäftigung geringer ausfällt als der Bruttozuwachs – auch in Baden-Württemberg. Steigende Kosten und Verdrängungseffekte spielen hier eine Rolle.

Dennoch deuten die bestehenden Studien auf insgesamt positive wirtschaftliche Effekte für Deutschland bis 2030 hin, wovon Baden-Württemberg mindestens gleichermaßen profitieren kann. Kritisch bleibt die Wettbewerbsfähigkeit der exportorientierten Industrie, die stark vom Energiepreis und internationalen Entwicklungen beeinflusst wird. Auch Exportchancen und technologische Führungsrolle können durch klare (industrie-)politische Rahmensetzung gestärkt werden.

Wirkungen der Energiewende auf Kompetenzanforderungen und Arbeitsbedingungen

Neben den quantitativen Beschäftigungseffekten ergeben sich auch qualitative Auswirkungen auf die Beschäftigung. Um diese zu erheben, wurden mehr als 50 ausführliche Interviews mit Expert:innen aus Unternehmen (Unternehmensleitungen und Betriebsräten) und fachbezogenen Institutionen wie Kammern, Gewerkschaften, Verbänden und Weiterbildungszentren geführt und mit Ergebnissen aus der aktuellen Studienlandschaft zusammengeführt.

Im Ergebnis wurde deutlich, dass sich aus veränderten Technologien und Geschäftsmodellen neue Arbeitsinhalte, Prozesse und Arbeitsweisen in energiewenderelevanten Branchen ergeben, die sich wiederum in steigenden Anforderungen an die Beschäftigten niederschlagen. Von besonderer Bedeutung ist dabei seit einigen Jahren die Digitalisierung, die nach Ansicht der interviewten Expert:innen immer mehr zur Voraussetzung für den Erfolg der Energiewende wird und gleichzeitig die Beschäftigung auf eine sehr spezifische Weise verändern, indem digital definierte und abgebildete Prozesse die menschliche Arbeit gleichsam strukturieren.

Spezialisiertes Fachwissen gepaart mit bereichsübergreifendem Systemverständnis, eigenverantwortliches Agieren in dezentralen Kontexten und teamorientiertes Zusammenarbeiten in vielfältigen Projekten spielen für viele Beschäftigten in energiewenderelevanten Betrieben eine immer wichtigere Rolle. Die Förderung der erforderlichen Kompetenzen und Qualifikationen muss deshalb ein Schwerpunkt bei der Umsetzung der Energiewende werden. Neben den Anforderungen an die Kompetenzen verändern sich auch die Arbeitsbedingungen in vielen Bereichen. Diese Veränderungen können – wie auch der Transformationsprozess insgesamt – von den Beschäftigten positiv oder negativ aufgenommen werden.

Diese Beschäftigten sind es letztlich, die die Energiewende zum Erfolg machen. Deshalb werden Mitwirkung und Mitbestimmung bei der Weiterentwicklung der Kompetenzen und der Arbeit immer wichtiger. Vor diesem Hintergrund kommt es auch auf eine gute Kooperation von Unternehmensleitungen und Interessenvertretungen der Arbeitnehmer:innen an, damit Unternehmen die Transformation zum Erfolg führen.

Chancen für die Industrieentwicklung durch die Energiewende

Die Industrie zur Erzeugung von Klimaschutzgütern in Deutschland hat mit ihrer Absatzstruktur von der Energiewende sowie auch durch globale Initiativen profitiert und ist auch während der Corona-Pandemie stark gewachsen. Auch viele Industrieunternehmen aus Baden-Württemberg sehen den Klimaschutz als Chance für Produktinnovationen. Eine Beteiligung am technologischen Fortschritt in Klimaschutztechnologien funktio-

niert besonders gut in einem starken Binnenmarkt, sodass ambitionierte Klimaschutzziele im Land somit wiederum auch zum Treiber für steigende Exportchancen werden können.

Demgegenüber hat die Herstellung konventioneller Energietechnik wie etwa Kesselanlagen oder Turbinen in den vergangenen Jahren bereits deutlich an Bedeutung verloren. Aus industrie-politischer Sicht wäre es wünschenswert, wenn die in Baden-Württemberg (noch) bestehenden Kompetenzen im Bereich von Gaskraftwerken zukünftig für den Bau von wasserstofffähigen Kraftwerken – entweder als Neubau oder die Umrüstung bestehender Kraftwerke (fuel switch) – genutzt würden.

Gerade in Baden-Württemberg lohnt es sich aber auch, über die Industrie hinaus zu denken. Die wirtschaftliche Entwicklung des Landes kann auch durch weitere Bereiche wie die starke IT- und Softwarewirtschaft in besonderer Weise von der Energiewende profitieren. Gleches gilt mit Blick auf verschiedene einschlägig spezialisierte Forschungs- und Entwicklungsinstitute. Gerade zu neuen Technologien, die eine hohe Innovationsdynamik aufweisen, sind Impulse aus der Wissenschaft wertvoll. Dies gilt sowohl für den Wissenstransfer in etablierte Industrieunternehmen wie auch im Hinblick auf Neugründungen und Start-Ups, die bereits im Umfeld von Instituten erkennbar werden.

Damit gesamtwirtschaftlich positive Nettoeffekte im Kontext des Klimaschutzes zum Tragen kommen, ist ein verlässlicher Kurs beim Klimaschutz wichtig, sodass Unternehmen sich an die Veränderungen möglichst effektiv anpassen können. Dies betrifft einerseits die Entwicklung von Innovationen für aussichtsreiche, wachsende Geschäftsfelder sowie andererseits die Anpassung ihres Energieeinsatzes an veränderte Preise für Energie, etwa durch Investitionen in alternative Technologien oder eine Eigenstromerzeugung.

Mehrere Interviewpartner:innen haben allerdings eine fehlende Effizienz und Verlässlichkeit bei der Energiewende und dem Klimaschutz bemängelt. Hierbei geht es vielfach um Weichenstellungen, die auf Bundesebene vorgenommen werden müssen. Gleichwohl wurden auch Themen genannt, die sich auf landespolitischer Ebene beeinflussen oder regeln lassen, etwa Genehmigungsprozesse für Energie- und Industrieanlagen oder der Ausbau der Energieinfrastruktur.

Fachkräftemobilisierung als Bedingung für die Energiewende

Auch die Mobilisierung von Fachkräften sollte zum Thema der Landespolitik werden. Die vorliegenden Studienergebnisse zeigen, dass fehlende Fachkräfte schon jetzt zum Engpass für die Umsetzung der Energiewende geworden sind – in Baden-Württemberg stärker als in Deutschland insgesamt. Sowohl die Statistiken als auch die Interviews mit Expert:innen

zeigen, dass es zunehmend schwerer wird, offene Stellen mit passend qualifizierten Menschen zu besetzen und so den erforderlichen Kompetenzaufbau zu bewerkstelligen. Mit der demographischen Entwicklung und dem Ausscheiden der sog. Boomer-Jahrgänge (Jahrgänge 1957 bis 1968) aus dem Erwerbsleben wird sich diese Situation rasch verschärfen.

Es wurde aber auch sichtbar, dass das Potenzial der Erwerbspersonen noch nicht ausgeschöpft ist: Attraktive Ausbildungswege und Unterstützungsangebote für junge Menschen sowie eine Erhöhung des Frauenanteils in den Belegschaften sind hier mögliche Hebel. Der Übergang von Fachkräften aus Branchen mit zurückgehender Beschäftigung in diejenigen Bereiche, die durch die Energiewende wachsen, ist eine weitere Option – sofern geeignete Übergangspfade für diese die Beschäftigten geschaffen werden. Und auch die Anwerbung von Fachkräften aus dem Ausland kann noch intensiviert werden.

Damit ergeben sich klare Handlungsfelder: Neben Investitionen in die energiebezogene Infrastruktur und Transformationskonzepte für Unternehmen braucht es Qualifizierungs- und Anwerbungsstrategien, um Fachkräfte für die Energiewende zu gewinnen. Bei der Qualifizierung sind neben den inhaltlich-fachlichen Fähigkeiten auch digitale, prozedurale und fachübergreifende (persönliche) Querschnittskompetenzen entscheidend. Die Transformation muss regional flankiert werden – etwa durch Weiterbildungsbereiche und eine stärkere Verknüpfung von Industrie, Bildung und Arbeitsmarktakteuren. Nur so lassen sich die positiven Beschäftigungseffekte realisieren und strukturelle Brüche vermeiden.

Fazit

Die integrierte Betrachtung sektoraler, strukturökonomischer, gesamtwirtschaftlicher und qualitativer Aspekte der Beschäftigung macht deutlich: Energiewende, Fachkräftemobilisierung und Industrieentwicklung müssen zusammen gedacht werden, um die Energiewende nachhaltig, wirtschaftlich und sozialverträglich umzusetzen. Denn dann kann Baden-Württemberg von seiner industriellen Basis, seiner Innovationskraft und den Digitalisierungskompetenzen profitieren. Kollaboration wird dabei immer mehr zum Erfolgsfaktor werden (müssen), sowohl zwischen Unternehmen, Institutionen, Wissenschaft und Politik als auch zwischen Unternehmensleitungen und Beschäftigten.

Vorwort des Ministeriums

Baden-Württemberg ist eine der europaweit führenden Wirtschaftsregionen und zugleich Vorreiter beim Klimaschutz. Wir zeigen, dass der Weg zur Klimaneutralität wesentliche Chancen bietet, unseren modernen Wirtschaftsstandorts zu stärken und zu wahren. Mit dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz, dem Klima-Maßnahmen-Register und dem Energiekonzept für Baden-Württemberg haben wir uns einen ambitionierten und klaren Rahmen für die Umsetzung der Energiewende im Land vorgegeben.

Die vorliegende Studie ordnet vor diesem Hintergrund die Bedeutung der Energiewende für Beschäftigung und Wirtschaft in unserem Land ein. Wir sehen, dass von einem ambitionierten klimapolitischen Kurs wesentliche Impulse für die Beschäftigung im Land ausgehen. Dabei verfolgen wir den Anspruch, dass in allen Branchen der Energiewende hohe Standards guter Arbeit und Mitbestimmung mit Innovationskraft und Nachhaltigkeit verbunden werden. Zudem bieten die starke industrielle Basis sowie die Innovationskraft Baden-Württembergs einen sehr guten Ausgangspunkt, um auch industriepolitisch profitieren zu können. Und zwar von der Umstellung auf klimaschutzrelevante Güter, die erneuerbare Energien nutzen, Energieeffizienz steigern, Emissionen reduzieren oder die Anpassung an den Klimawandel unterstützen.

Daher gilt es, die Umsetzung der Energiewende weiterhin mit Kraft voranzutreiben und durch einen verlässlichen energie- und klimapolitischen Rahmen auf europäischer, Bundes- und Landesebene für die Unternehmen Planungssicherheit zu garantieren. Zudem muss die Transformation der Industrie stärker Fahrt aufnehmen und staatlicherseits unterstützt sowie industriepolitisch flankiert werden.

Mein Dank gilt den beiden Instituten, Sustain Consult und der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung, für die professionelle Umsetzung des Projekts. Darüber hinaus bedanke ich mich ganz besonders bei der Hans-Böckler-Stiftung und dem Deutschen Gewerkschaftsbund Baden-Württemberg für die konstruktive Zusammenarbeit. Nur mit einem breiten gesellschaftlichen Zusammenschluss können wir eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende sicherstellen.

Thekla Walker, Ministerin

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Vorwort des DGB

Eine ambitionierte und vor allem planvolle Energiewende ist unverzichtbar, damit der notwendige Umbau unserer Wirtschaft zur Klimaneutralität gelingt. Die Frage nach dem „Wie?“ des Wandels gewinnt an Bedeutung. Antworten gibt diese Studie, die wir gemeinsam mit dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft und der Hans-Böckler-Stiftung haben erstellen lassen.

Der Fokus allein auf technische oder finanzielle Aspekte ist unzureichend. Notwendig ist die demokratische Aushandlung mit starker Beteiligung aller Akteure, denn nur sie sichert breite Akzeptanz für den Übergang in eine klimaverträgliche Wirtschaftsweise. Dies gilt in besonderem Maße für die Arbeitswelt. Entsprechend müssen die Beschäftigten durch Betriebsräte und Gewerkschaften beteiligt sein und mitsprechen können.

Unsere gemeinsame Studie zeigt: Die Energiewendebranchen – von Energiewirtschaft und Gebäuden bis zu Industrie und Netztechnik – entwickeln sich dynamisch und sichern Beschäftigung. Es entstehen in nennenswerter Zahl neue Arbeitsplätze, und die gute Nachricht lautet: Das Potenzial ist längst nicht ausgeschöpft. Entscheidend ist die Qualität der Arbeit – Tätigkeitsprofile, lernförderliche Arbeitsgestaltung und Qualifizierung sind die wesentlichen wichtige Stichworte. Komplexere Aufgaben und schnelle Veränderungen erhöhen den Bedarf an Weiterbildung. Entscheidend ist, dass diese Branchen Orte der Guten Arbeit sind oder werden: tarifgebunden und mitbestimmt.

Für uns Gewerkschaften gilt: Gute Arbeit entsteht dort, wo Mitbestimmung im Betrieb fest verankert ist. Wir gestalten den Wandel aktiv mit, setzen auf Gute Arbeit und wissen, worauf es für einen erfolgreichen Umbau wirklich ankommt. Politik und Arbeitgeber bleiben ebenso gefordert, ihren Beitrag zu leisten – zum Wohle von Klima, Wertschöpfung und Beschäftigung.

Wir danken unseren Kooperationspartnern sowie den Auftragnehmern für die vertrauensvolle Zusammenarbeit. Die Studie erbringt den Beweis: Die Energiewende kann zu einer Erfolgsgeschichte für Beschäftigte, Umwelt und die Wirtschaft im Land werden.

Kai Burmeister, Vorsitzender
DGB Baden-Württemberg

1. Einleitung

Die Energiewende gehört zu den zentralen politischen Maßnahmen für den Klimaschutz in Deutschland. Sie ist mit einer umfassenden Transformation in der Energieversorgung und Stromerzeugung sowie in der Energieanwendung verbunden und betrifft letztlich alle Wirtschaftssektoren und die privaten Haushalte.

Die erforderlichen Veränderungen erfordern erhebliche Investitionen und sind gleichzeitig auch mit Konsequenzen für die Beschäftigung verbunden. Die einzelnen Bundesländer sind in Abhängigkeit von den bisherigen Strukturen in der Energieversorgung und der Branchenzusammensetzung in unterschiedlicher Weise von der Energiewende betroffen; gleichzeitig haben die Bundesländer z. B. bei der Nutzung regenerativer Energiequellen oder der Förderung der Energieeffizienz auch einen erheblichen Gestaltungsspielraum.

Vor diesem Hintergrund haben die Autoren im Jahr 2016 in der Studie „Energiewende in Baden-Württemberg – Auswirkungen auf die Beschäftigung“ im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung in Kooperation mit dem Ministerium für Umwelt, Klimaschutz und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und dem Deutschen Gewerkschaftsbund Baden-Württemberg erstellt (Löckener et al. 2016). Sie war in Deutschland die erste Arbeit, die erstens Arbeitsplatzeffekte durch die Energiewende auf der Ebene eines Bundeslandes und zweitens die qualitativen Veränderungen der menschlichen Arbeit durch die Energiewende betrachtet hat.

Die Energiewende hat sich seit 2016 deutlich weiterentwickelt. Der Beschluss zur Beendigung der Kohleverstromung, die im Jahr 2023 vollzogene Stilllegung der letzten Atomkraftwerke sowie der rasch steigende Anteil von Wind- und Sonnenstrom markieren die wichtigsten Entwicklungen auf der Seite der Stromerzeugung mit entsprechenden Anforderungen an die Stromübertragung. Gleichzeitig haben sich durch den russischen Krieg gegen die Ukraine und die dadurch erforderlichen Anpassungen der Energieträgerimporte die Kosten für Energie in Deutschland teilweise deutlich erhöht.

Für Baden-Württemberg wurden von einem wissenschaftlichen Konsortium Sektorziele erarbeitet, die eine Erfüllung der CO₂-Reduktionsziele bis 2030 ermöglichen (ZSW et al. 2022) und in das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) eingeflossen sind. Damit werden erstmals auf Landesebene ambitionierte Sektorziele gesetzlich verankert. Gemäß § 10 (1) KlimaG BW sollen unter Beachtung der weltweiten, europäischen und nationalen Klimaschutzziele und -maßnahmen die Treibhausgasemissionen im Land von 1990 bis

2030 um mindestens 65 Prozent und danach bis 2040 bis zur Netto-Treibhausgasneutralität verringert werden (Land Baden-Württemberg 2023).

Das Energiekonzept des Landes Baden-Württemberg definiert Leitlinien für die Energiepolitik, um die Sektorziele zu erreichen (Umweltministerium BW 2024a). Im Mittelpunkt der strategischen Ausrichtung stehen neben der Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit auch die Aspekte Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit. Dadurch werden die Beschäftigungssicherung und Qualität von Arbeit zu relevanten Themenfeldern: Auch wenn die Energiewende zunächst klimapolitisch und energiepolitisch motiviert war, muss sie als Transformationsprozess mit großer wirtschaftlicher Tragweite auch letztlich möglichst auf die Sicherung von Wertschöpfung, Beschäftigung und Einkommen ausgerichtet werden.

Hintergrund und Ziele der vorliegenden Studie

Mit der vorliegenden Studie wird untersucht, wie sich diese Ziele des Landes Baden-Württemberg für die Energiewende auf die Beschäftigung und Arbeit im Land auswirken werden, und zwar sowohl auf die Zahl von Arbeitsplätzen (Kapitel 3) als auch auf die Qualität von Arbeit und auf Qualifikationsanforderungen (Kapitel 4). Auf dieser Basis werden Rückschlüsse für die Sicherung der Fachkräfteverfügbarkeit (Kapitel 5) gezogen und eine Bewertung der Energiewende in industrie-politischer Hinsicht gezogen (Kapitel 6).

Dass die Verfügbarkeit von Fachkräften zu einem Flaschenhals bei der Realisierung der Energiewende werden könnte – zumal, wenn die geburtenstarken Jahrgänge aus den 1960er Jahren in den Ruhestand gehen werden –, wurde mittlerweile deutlich aufgezeigt (Zika et al. 2022). In Baden-Württemberg allein standen 2021 über 37.000 Arbeitsplätze in Verbindung mit dem Ausbau erneuerbarer Energien (Ulrich 2023). Seitdem dürfte mit Blick auf die Bundesentwicklung die Beschäftigung nochmal deutlich gestiegen sein. Wie wird sich der Arbeitskräftebedarf in Baden-Württemberg bis 2030 entwickeln? Welche Berufsbilder und Anforderungsniveaus sind gefordert?

Die Branchen im Zentrum der Energiewende unterliegen einem umfassenden Transformationsprozess, durch den sich Arbeit und die Qualifikationsanforderungen stark verändern. Die Energiewende vollzieht sich im Wesentlichen auf drei Feldern, in denen sich jeweils die Technologien durch Innovationen verändern:

- Power-to-X: Fossile Energieträger werden durch Strom aus erneuerbaren Energiequellen wie Windkraft, Solarenergie, Wasserkraft, Biomasse und Geothermie bzw. durch Wasserstoff oder andere stoffliche Energieträger, die aus diesem Strom hergestellt werden, abgelöst. Dabei entsteht eine dezentrale Struktur von vielen Stromerzeugungs-

anlagen, wobei die Produktion von Wind- und Solarstrom wetterabhängig schwankt. Durch die Elektrifizierung vieler Prozesse in der Industrie, in der Beheizung von Gebäuden und im Verkehr steigt zudem der Strombedarf deutlich an.

- Die Netze zur Übertragung und Verteilung von Energie werden an diese Entwicklung angepasst. Die Stromnetze müssen auf den erhöhten Strombedarf und die dezentrale Stromerzeugung ausgelegt werden, eine höhere Zahl einspeisender Stromerzeugungsanlagen anbinden und die Volatilität in der Stromerzeugung ausgleichen, wozu auch Speicherkapazitäten stark vergrößert werden müssen. Gasnetze können teilweise für den Transport von Wasserstoff umgenutzt werden. Fernwärmennetze werden zur klimaneutralen Wärmeversorgung vor allem in Ballungsgebieten ausgebaut.
- Auf der Nachfrageseite soll eine Steigerung der Energieeffizienz den Energiebedarf mindern. Dieses Ziel wird vor allem in energieintensiven Industriebetrieben bereits seit Längerem verfolgt und ist durch den Energiepreisschock nach dem Beginn des russischen Krieges gegen die Ukraine noch dringlicher geworden. Großer Nachholbedarf besteht bei der Gebäudenutzung (z. B. durch intelligente Steuerungen, Wärmedämmung) und im Verkehr durch elektrische Antriebe.

Besondere Bedeutung für die Energiewende hat die Digitalisierung. Sie führt generell zu einer Transformation in der Wirtschaft, für das Gelingen der Energiewende stellt sie allerdings – neben den Verfahren zur klimaneutralen Stromerzeugung – eine weitere Kerntechnologie dar: Virtuelle Kraftwerke, Smart Grids und andere Technologien sind erforderlich, um die Volatilität in der regenerativen Stromerzeugung zu beherrschen, und nur mit digitalen Lösungen realisierbar. Nur mit IT-Systemen lassen sich die Datenmengen bewältigen, die durch Smart Meter zur Abrechnung mit Kunden zugrunde gelegt werden müssen. Daher wird mittlerweile auch von einer doppelten Transformation durch Energiewende und Digitalisierung gesprochen.

Die neuen Technologien und Anforderungen bei der Bereitstellung und Verwendung von Energie eröffnen vielen Unternehmen die Chance oder die Notwendigkeit, das eigene Geschäftsmodell und Leistungsportfolio zu verändern. Auslöser dafür kann wegfallender Marktbedarf sein oder die Chance, die bisherigen durch zusätzliche Angebote zu ergänzen – oder schlicht der Umstand, dass der Bedarf für Leistungen der betreffenden Branche steigt. In jedem Fall aber ergibt sich daraus ein Qualifizierungsbedarf, nämlich durch den Wechsel von Technologien, die Erweiterung des Leistungsspektrums, die Vergrößerung von Belegschaften oder die Steigerung der Arbeitseffizienz.

2. Energiewende in Baden-Württemberg: Aktueller Stand und Ziele

Die Energiewende in Baden-Württemberg ist eng mit den klimapolitischen Zielen der Europäischen Union und Deutschlands verknüpft. Während die EU mit dem „European Green Deal“ bis 2050 Klimaneutralität anstrebt und Deutschland gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) dieses Ziel bis 2045 erreichen möchte, hat sich Baden-Württemberg mit dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz verpflichtet, bereits bis 2040 treibhausgasneutral zu sein. Als Zwischenziel ist eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 65 Prozent bis 2030 im Vergleich zu 1990 vorgesehen (ZSW et al. 2022).

Um diese ambitionierten Vorgaben zu erfüllen, wurden für die einzelnen Sektoren spezifische Emissions-Minderungsziele bis 2030 gegenüber 1990 festgelegt. Die folgende Tabelle 1 bietet einen Überblick über die Emissionen der Sektoren, die jeweiligen Ziele und Angaben zur prozentualen Minderung (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2024; ZSW et al. 2023, S. 24). Ein Blick auf die vorläufigen Zahlen für Baden-Württemberg für 2023 zeigt, dass die Emissionen von 2022 auf 2023 um 13 Prozent gesunken sind (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2024).

Tabelle 1: Übersicht der Emissionsreduktionen nach Sektoren sowie Zielsetzungen für das Jahr 2030 gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz und Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten)

	Baden-Württemberg				Deutschland			
Sektor	2023*	2030 (Ziel)	2023* vs. 1990	2030 vs. 1990	2023**	2030 (Ziel)	2023* vs. 1990	2030 vs. 1990
Gebäude	14,1	10,7	–33 %	–49 %	103	67	–51 %	–68 %
Verkehr	20,3	9,2	0 %	–55 %	145	85	–11 %	–48 %
Industrie	9,3	7,1	–50 %	–62 %	156	118	–44 %	–58 %
Energie- wirtschaft	14,2	5,0	–29 %	–75 %	204	108	–57 %	–77 %
Landwirt- schaft	4,5	3,7	–26 %	–39 %	60	56	–28 %	–31 %
Abfall, Ab- wasser, Sonstige	0,3	0,6	–93 %	–88 %	5,4	4	–87 %	–89 %
Summe (exkl. LULUCF***)	62,7	36,2	–31 %	–60 %	675	438	–46 %	–65 %
Summe (inkl. LULUCF)	k. A.	31,8	k. A.	–65 %	k. A.	auf Bundesebene keine Anrechnung von LULUCF auf das Ziel 2030		

Anmerkungen: *2023 vorläufig, Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) liegt noch nicht vor (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2024), **eigene Berechnung, ***Senkenleistung des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2024; ZSW et al. 2023, S. 24

Baden-Württemberg hat seine Emissionen seit 1990 um 31 Prozent reduziert, bundesweit lag der Rückgang bei 46 Prozent. In der Energiewirtschaft sanken die Emissionen im Land um 29 Prozent, im Bund um 57 Prozent. Gründe sind unter anderem der stärkere Ausbau erneuerbarer Energien und Kraftwerksstilllegungen in Ostdeutschland nach der Wiedervereinigung (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2024).

Auch im Gebäude- und Verkehrssektor verlief der Rückgang bundesweit stärker. Ursachen sind höhere Sanierungsrate, weniger Heizölheizungen und ein geringeres Bevölkerungswachstum. In Baden-Württemberg stiegen Bevölkerung, Haushalte und Pkw-Dichte überdurchschnittlich. Zudem belasten Transitverkehr und Pendlerströme die Emissionsbilanz. Im Industriesektor zeigt sich dagegen ein stärkerer Rückgang (minus 57 Prozent) als im Bund (minus 42 Prozent) – begünstigt durch die geringere Bedeutung energieintensiver Branchen (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2024).

Zur Umsetzung der Klimaschutzziele hat Baden-Württemberg ergänzend zu den bundesweiten Maßnahmen eigene Programme entwickelt. Das zentrale Klima-Maßnahmen-Register dokumentiert die vorhandenen Klimaschutzmaßnahmen nach Sektoren öffentlich zugänglich. Die Verantwortung für die Entwicklung und Umsetzung der Maßnahmen liegt bei den jeweiligen Ministerien, die ihre Aktivitäten in einem Monitoring-Prozess kontinuierlich überprüfen und weiterentwickeln (Umweltministerium BW 2024b, 2024c, 2025a).

Ein Beispiel ist das Förderprogramm „Unternehmen machen Klimaschutz“, das Unternehmen bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen finanziell unterstützt. Dieses Programm umfasst sowohl Beratungsleistungen zur Erstellung von Treibhausgasbilanzen und Maßnahmenplänen als auch Investitionsförderungen für Projekte zur Treibhausgasminderung (Umweltministerium BW 2025b).

Zusätzlich werden Qualifizierungsmaßnahmen angeboten, um Fachkräfte für die Anforderungen der Energiewende zu schulen und die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen in Unternehmen zu unterstützen. Diese Maßnahmen zielen darauf ab, das notwendige Know-how für die Transformation hin zu einer klimaneutralen Wirtschaft bereitzustellen und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen im Land zu stärken. Fördermittel werden über die Landeskreditbank Baden-Württemberg im Rahmen des Klimaschutz-Plus-Programms vergeben (Landeskreditbank Baden-Württemberg 2025).

Durch diese gezielten Förder- und Qualifizierungsprogramme ergänzt Baden-Württemberg die nationalen Klimaschutzmaßnahmen und trägt aktiv zur Erreichung der ambitionierten Klimaziele bei. Detaillierte Darstellungen zu den einzelnen Maßnahmen finden sich in den Unterkapiteln zu den Handlungsfeldern Energiewirtschaft (inkl. Erneuerbare Energien; Kapitel 3.2), Gebäude (Kapitel 3.3) und Industrie (Kapitel 3.4).

3. Quantifizierung von Beschäftigungseffekten durch die Energiewende

Zu Beginn dieser Studie findet die Abschätzung der Beschäftigungseffekte der Energiewende in Baden-Württemberg statt. Dazu wurde eine detaillierte Darstellung von Beschäftigungswirkungen auf Branchen- und Berufsebene erarbeitet. Als Grundlage dienen die Transformationspfade aus dem Zielszenario des ersten Teilberichts zum Forschungsvorhaben „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ (ZSW et al. 2022). Die Sektoren Landwirtschaft und Verkehr wurden ausgeklammert.

Die quantitative Untersuchung konzentriert sich auf Sektoren und Maßnahmen, die besonders viel Investitionen benötigen. Berücksichtigt werden die Handlungsfelder Energiewirtschaft (inkl. erneuerbare Energien, kurz EE; Kapitel 3.2), Gebäude (Kapitel 3.3) sowie die Industrie in ihrer Funktion als Zulieferer für die Energiewirtschaft und als Nutzerin von Energie im Rahmen von Produktionsprozessen (Kapitel 3.4). Beispiele sind hierfür die Gasversorgung und Wasserstoffnetzwerke, z. B. zur Anwendung von Wasserstoff in energieintensiven Industrien. Um die Auswirkungen der Energiewende abschätzen zu können, werden zunächst zentrale Maßnahmen und Instrumente zur Erreichung der Sektorziele unterstellt.

Als Ergebnis werden quantitative Angaben zur Beschäftigung nach Branchen und Berufen, die einzelnen energiepolitischen Maßnahmen zugeordnet werden können, zusammengestellt. Es erfolgt eine Einordnung in den Status quo und eine Abschätzung des Arbeitskräftebedarfs bis 2030 unter der Annahme einer Zielerreichung (Zielerreichungsszenario). Für den Arbeitskräftebedarf wird eine Unterteilung nach Berufsgruppen und Anforderungsniveaus vorgenommen und „Schlüsselberufe“ werden identifiziert.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die in den Sektoren betrachteten Handlungsfeldern und inwieweit eine Quantifizierung der Bruttobeschäftigung möglich war.

Tabelle 2: Übersicht zu den betrachteten Handlungsfeldern der Energiewende und die Abdeckung in Bezug auf Beschäftigung

Sektor	Handlungsfelder	Quantifizierung
Energie- wirtschaft	EE-Anlagen, Strom (Biomasse und Geothermie auch mit Wärme)	Bruttobeschäftigung
	konventionelle Kraftwerke (Gaskraftwerke, H2-ready)	Investitionen
	Großwärmepumpen, Wasserstoffproduktion, Wasserstoffnetz, Stromnetzausbau, Speicher	keine
Gebäude	energetische Sanierung der Gebäudehülle	Bruttobeschäftigung
	EE-Heizungsanlagen (Einzelheizungen: Wärmepumpen, Biomasseanlagen)	Bruttobeschäftigung
	sonstige EE-Wärme: Solarthermie	Bruttobeschäftigung
	Fernwärmennetz	keine
Industrie	Energieeffizienzmaßnahmen	Bruttobeschäftigung
	EE-(Prozess-)Wärme, Wasserstoffnutzung, Carbon Capture and Storage (CCS), Elektrifizierung etc.	keine

*Anmerkungen: Fett markiert sind die Handlungsfelder, für die die Bruttobeschäftigung quantifiziert wird. EE: erneuerbare Energien
Quelle: eigene Zusammenstellung*

In den folgenden Unterkapiteln werden die Methodik (Kapitel 3.1) und die drei Handlungsfelder Energiewirtschaft (Kapitel 3.2), Gebäude (Kapitel 3.3) und Industrie (Kapitel 3.4) mit ihren sektoralen Zielen vorgestellt sowie Annahmen und Maßnahmen erläutert, die den Transformationspfad im Zielszenario ausmachen. Darüber hinaus werden die Ergebnisse zur Struktur des Arbeitskräftebedarfs und der Schlüsselberufe vorgestellt. Kapitel 3.5 fasst die Ergebnisse zusammen.

3.1 Methodisches Vorgehen

Die Abschätzung des Arbeitskräftebedarfs baut methodisch auf Studien zu Beschäftigungswirkungen im Klimaschutzbereich auf. Zu nennen ist die Bruttobeschäftigung des Ausbaus erneuerbarer Energien (vgl. Lehr et al. 2015; Ulrich/Edler/Ahlert 2024) und ökonomische Indikatoren zur Steigerung der Energieeffizienz (Blazejczak et al. 2024).

Das Berechnungskonzept hat zwei zentrale Eigenschaften. Zum einen erfolgt die Abschätzung im gesamtwirtschaftlichen Kontext unter Verwendung von spezifischen Input-Output-Tabellen. Dadurch wird die gesamte Wertschöpfungskette der Maßnahmen mit direkten und indirekt Beschäftigten mit einbezogen. Ausgangspunkt ist die zusätzliche Nachfrage, die durch Klimaschutzmaßnahmen generiert wird. Dies ermöglicht die vollständige Berücksichtigung der Impulse, ohne dass der Klimaschutz als Branche abgegrenzt werden muss.

Zum anderen berücksichtigt dieses Konzept in der Regel keine anderen Wirkungen, wie etwa durch veränderte Preise und Veränderung im Investitionsverhalten. Die auf diese Weise abgeschätzte Beschäftigung wird als „Bruttobeschäftigung“ bezeichnet, da negative Effekte, die die Beschäftigung im untersuchten Transformationsprozess verringern könnten, nicht berücksichtigt sind. Solch negative Effekte werden ergänzend durch eine Auswertung von Studien zu Nettoeffekten in Kapitel 6 behandelt.

Die Analyse erfolgt immer spezifisch für Baden-Württemberg. Dies gilt bei der Abschätzung der Maßnahmen – insbesondere Investitionsbedarfe – als auch bei der ökonomischen Analyse. Basierend auf bundesweiten Abschätzungen und zugrunde liegenden Transformationspfaden werden die Sektorziele Baden-Württembergs eingepasst. In der ökonomischen Analyse werden zudem regionale Input-Output-Modelle auf Bundesländerebene (vgl. Ulrich/Bernardt et al. 2022, Ulrich/Lehr 2013) verwendet.

Der Ausblick auf den veränderten Arbeitskräftebedarf bis 2030 im Kontext der Sektorziele erfolgt modellgestützt auf Grundlage bestehender und erarbeiteter Szenarien und Modelle. Im Bereich des Ausbaus erneuerbarer Energien, der sowohl den Sektor Energiewirtschaft als auch Gebäude betrifft, wurden Annahmen eines bestehenden Zielszenario zum Arbeitskräftebedarf herangezogen und angepasst (Ulrich/Edler/Ahlert 2024).

Die Abschätzung der Beschäftigungswirkungen erfolgt jeweils modelltheoretisch mit einem nachfrageorientierten Schätzansatz auf Basis des statischen offenen Mengenmodells der Input-Output-Analyse. Neben dem bestehenden nationalen und regionalen Modell zur Errechnung der EE-Bruttobeschäftigung werden auch die Input-Output-Tabellen des Modells QMORE/Länder der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung

verwendet (Bernardt/Parton/Ulrich 2023). Um die Beschäftigung für das Stichjahr 2030 zu ermitteln, werden die sektoralen Arbeitskoeffizienten (ein Arbeitskoeffizient misst die Anzahl der Beschäftigten je Einheit Bruttoproduktionswert) auf der Ebene der 72 Produktionsbereiche fortgeschrieben.¹

Die Abschätzung der Struktur des Arbeitskräftebedarfs nach Berufen und Anforderungsniveaus folgt der in Ulrich/Becker/Plassenberg (2024) erarbeiteten Methodik, deren Prinzipien auf der Nachfrageseite des Arbeitsmarkts auch im Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen-Projekt (Bernardt et al. 2023) und damit auch im Fachkräftemonitoring des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales zugrunde gelegt werden. Auf Grundlage disaggregierter Beschäftigungsdaten werden dabei Arbeitsplatzprofile hinterlegt, die in den Wirtschaftszweigen üblicherweise vertreten sind.

Jeder Wirtschaftszweig hat seine eigene Struktur an Berufsbildern und Anforderungsniveaus. Mit der Beschäftigung nach bis zu 63 Wirtschaftszweigen, die sich aus den detaillierten, technologiespezifischen Kostenstrukturen ergibt, wird ausgehend von der Input-Output-Analyse eine fundierte Abschätzung des Arbeitskräftebedarfs nach Berufen und Anforderungsniveaus vorgenommen. Für die Baden-Württemberg-Abschätzungen wurden hierfür die spezifischen Kreuztabellen für das Bundesland hinterlegt (Bundesagentur für Arbeit 2024a).

Der Arbeitskräftebedarf wird nach Berufen und Anforderungsniveaus ausgewertet. Berufsbilder und Tätigkeiten von Erwerbstätigen werden in Deutschland in der Regel entlang der Klassifikationen der amtlichen Statistik beschrieben. Übliche Berufsbezeichnungen werden dort in einem hierarchischen System auf Grundlage der Ähnlichkeit eingeordnet und gruppiert. Die sogenannte „Berufsfachlichkeit“ wird in der Klassifikation der Berufe (KldB 2010) in vier Hierarchiestufen aufgegliedert. Die oberste Ebene sind dabei die 10 Berufsbereiche, die hier ausgewertete dritte Ebene (3-Steller) unterscheidet 144 Berufsgruppen.

Zur weiteren Untergliederung wird die Dimension des Anforderungsniveaus der Tätigkeit hinzugezogen. Dieses Merkmal beschreibt die Komplexität der Tätigkeit und bezieht nichtformale Qualifikationen sowie Berufserfahrung mit ein (Bundesagentur für Arbeit 2023). Das Anforderungsniveau der Beschäftigten kann als eigenes Merkmal ohne berufsfachlichen Bezug ausgewertet werden und unterscheidet vier Stufen: Helfer-

1 Die Fortschreibung wurde auf der Grundlage vorliegender Produktivitätsraten für Hauptgruppen aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung durchgeführt (Statistisches Bundesamt 2024b). Die jeweiligen Produktivitätsraten der Hauptgruppen wurden auf die tiefer disaggregierten Arbeitskoeffizienten im Basisjahr angewandt, um so zu Schätzungen von Arbeitskoeffizienten für das Analysejahr 2030 zu gelangen.

und Anlerntätigkeiten („Helper:innen“), fachlich ausgerichtete Tätigkeiten („Fachkräfte“), komplexe Spezialistentätigkeiten („Spezialist:innen“) sowie hoch komplexe Tätigkeiten („Expert:innen“).

3.2 Energiewirtschaft und Ausbau der Erneuerbaren Energien

Für den Sektor Energiewirtschaft ist für das Jahr 2030 in Baden-Württemberg ein Minderungsziel von 75 Prozent bis 2030 gegenüber den Treibhausgasemissionen von 1990 vorgesehen. Damit würden die jährlichen Emissionen auf 5,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente sinken (ZSW et al. 2022).

Um das Ziel zu erreichen, sind der Kohleausstieg und Ausbau der erneuerbaren Energien (Stromerzeugung, Fernwärme) die zentralen übergreifenden Maßnahmen. Der Kohleausstieg wurde im Zielszenario für Baden-Württemberg bereits bis 2030 angesetzt, da ansonsten das Gesamt-minderungsziel für 2030 nicht erreicht werden kann. Um die wegfallenden Strommengen und Leistungen zumindest anteilig zu ersetzen, ist ein Aus- und Neubau von Gaskraftwerken erforderlich. Parallel dazu muss die Stromerzeugung aus Windenergie- und Photovoltaikanlagen sehr stark ausgebaut und im Bereich der Fernwärme ein ambitionierter Hochlauf von Großwärmepumpen umgesetzt werden (ZSW et al. 2022).

In der vorliegenden Studie werden die Wirkungen der Energiewende in der Energiewirtschaft für zwei Handlungsfelder betrachtet: der EE-Ausbau im Strom- und Fernwärmesektor und davon getrennt die Energieversorgung mit den Schwerpunkten konventionelle Kraftwerke und Wasserstoff (s. Exkurs Wasserstoff). Heizungsanlagen, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden, werden im Kapitel zum Gebäudesektor berücksichtigt (vgl. Tabelle 2). Das bedeutet, dass der Bezug zum EE-Ausbau in zwei Sektoren hergestellt werden muss, da EE-Anlagen sowohl für die Stromerzeugung (Energiewirtschaft, dieses Kapitel 3.2) als auch für den Gebäudesektor (Kapitel 3.3) eingesetzt werden.

Die Beschäftigungswirkungen des EE-Ausbaus werden sowohl für Deutschland als auch für die Bundesländer seit über 15 Jahren abgeschätzt. Die Bruttobeschäftigung für den EE-Ausbau insgesamt ist in Baden-Württemberg seit 2017 kontinuierlich gestiegen. Zuletzt zeigte sich auf Grundlage der aktualisierten Zeitreihe ein starkes Wachstum von 18 Prozent im Jahr 2022 im Vergleich zum Vorjahr.

Hintergrund war ein starker Ausbau im Bereich Photovoltaik und Wärmepumpen (Umweltwärme). Eine Zuordnung zum Sektor Gebäude kann nicht trennscharf vorgenommen werden, da erneuerbare Wärme sowohl

aus stromerzeugenden Anlagen ausgekoppelt wird als auch in Kleinanlagen erzeugt wird. Für die sektorzielscharfe Darstellung werden die folgenden EE-Technologien als Gruppe „Wärme, v.a. Kleinanlagen“ ausgegliedert: Biomassekleinanlagen, Wärmepumpe und Solarthermie. Die anderen EE-Technologien werden dem Sektor Energiewirtschaft (Strom, Fern-/Nahwärme) zugordnet. In Baden-Württemberg entfielen im Jahr 2022 etwa 21.800 EE-Beschäftigte auf diese Gruppe.

3.2.1 Annahmen und Maßnahmen

Um das Sektorziel in der Energiewirtschaft zu erreichen, werden verschiedene Maßnahmen- und Technologieentwicklungen unterstellt. Für die Betrachtung der Stromerzeugungsanlagen, darunter erneuerbare Energien werden bei der quantitativen Analyse die Technologien Windenergie an Land, Photovoltaik, Wasserkraft, Biogasanlagen (Strom und Wärme) und Geothermie (Strom und Wärme) berücksichtigt.

Im Zielszenario steigt der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung von 41 Prozent im Jahr 2020 auf 82 Prozent im Jahr 2030. In der **Windenergie** findet im Zielszenario bis 2030 und darüber hinaus ein starker Zubau statt: Die Zahl der Windenergieanlagen steigt von 758 (2021) auf 1.400 bis 2030. Die Volllaststunden neuer Anlagen nehmen zu, mit 2.470 Stunden und einer Stromerzeugung von 12,5 Terawattstunden (TWh) (2020: 2,9 TWh bei 2.000 Stunden). Die installierte Leistung wächst vervierfacht sich auf rund 6 Gigawatt (GW). Möglich wird der Ausbau durch schnellere Genehmigungen, Flächenbereitstellung, Neuinstallationen und naturverträgliche Lösungen.

Der Ausbau der **Photovoltaik** basiert im Zielszenario ebenso auf bundesweiten Zielvorgaben. Für das Ausbauszenario wird ein sukzessiver Anstieg bis 2030 auf einen Anteil von 10 Prozent am bundesweiten Zubau von Freiflächenanlagen angenommen. Insgesamt wird im Zielszenario eine installierte Leistung von knapp 25 GW erreicht, die sich auf 5,9 GW von Freiflächenanlagen und 18,6 GW von Gebäudeanlagen verteilt.

Die installierte Leistung von **Wasserkraftanlagen** erhöht sich im Transformationspfad bis 2030 nur geringfügig von rund 880 Megawatt (MW) auf 890 MW. Für die Volllaststunden wird von einem konstanten langjährigen Mittel von 5.000 Stunden ausgegangen. Bei den Vollaststunden von **Biogasanlagen** wird angenommen, dass sie ausgehend von 5.000 Stunden (Stand 2020) auf 4.000 Stunden im Jahr 2030 zurückgehen. Die Annahmen zur Stromerzeugung aus **Tiefengeothermie** gehen von einem Anstieg der installierten elektrischen Leistung auf etwa 50 MW

bis zum Jahr 2030 aus. Die Vollaststunden werden mit 8.000 Stunden angesetzt.

Im Bereich Energieversorgung wird in der Sektorziel-Studie der Ausbau und die Umrüstung von Steinkohle- und Erdgaskraftwerken, die Fernwärmeerzeugung und der Ausbau der Wasserstofferzeugung und -nutzung berücksichtigt. Um die wegfallende Kohlekraftwerksleistung durch den Kohleausstieg bis 2030 teilweise zu kompensieren, werden im Zielszenario ab 2025 zusätzlich Gas-Kondensationskraftwerke (Gasturbinen und Gas-und-Dampf-Kraftwerke) zugebaut. Insgesamt steigt die Leistung der Erdgaskraftwerke bis 2030 auf 4,6 GW.

Bedingt durch das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 werden ab 2030 Erdgaskraftwerke nach und nach in zunehmendem Maße mit Wasserstoff betrieben. 2040 sollen die Kraftwerke vollständig mit Wasserstoff laufen. Die Transformation des Kraftwerksparks Baden-Württemberg wird im Detail in Kapitel 3.2.4 betrachtet.

Der Fernwärmeverbedarf (und dementsprechend die Fernwärmeerzeugung) steigt gemäß dem Szenario für den Gebäude- und Industriebereich bis 2040 insgesamt um rund 70 Prozent gegenüber 2019 an. Der Kohleausstieg verstärkt die Notwendigkeit, bis 2030 in erheblichen Umfang weitere Wärmemengen zu mobilisieren. Dafür ist der Ausbau von Großwärmepumpen bis zu einem Beitrag von 2,9 TWh im Jahr 2030 notwendig – das entspricht rund 17 Prozent der Fernwärmeerzeugung. Darüber hinaus werden im Transformationspfad Tiefengeothermieanlagen errichtet, die im Jahr 2030 rund 1,3 TWh bereitstellen werden. Knapp 0,2 TWh Wärme stammt 2030 aus großen Solarwärmeanlagen.

Für die Quantifizierung der Beschäftigungswirkung wird dem Sektor Energiewirtschaft der Ausbau der folgenden EE-Technologien zugeordnet: Windenergie onshore, Windenergie offshore, Photovoltaik, Biogasanlagen, Großanlagen zur Strom- und Wärmeproduktion aus fester Biomasse, Wasserkraft und Geothermieanlagen. Konzeptionell berücksichtigt die Bruttobeschäftigung auch die Beschäftigung, die nicht direkt mit dem Ausbau im Bundesland in Verbindung steht. Als Lieferant von Vorleistungen profitiert Baden-Württemberg von Investitionen in anderen Bundesländern – so auch vom Offshore-Windenergie-Ausbau (vgl. Agentur für Erneuerbare Energien 2017).

Der Ausbau der EE-Fernwärme wird im Modell nur im Bereich der neuen Anlagen zur Nutzung von Biomasse und Geothermie abgedeckt. Insbesondere der Ausbau von Großwärmepumpen und der Fernwärmenetze sind nicht enthalten.

Folgende Annahmen für den EE-Ausbau wurden in Anlehnung an die Sektorziele (ZSW et al. 2022) getroffen:

- Photovoltaik: Erreichung der installierten Leistung wie Sektorziel 2030

- Windenergie an Land: Erreichung der installierten Leistung wie Sektorziel 2030
- Rückgang des Biogas-Ausbaus mit gleichbleibenden Anteilen Baden-Württembergs am bundesweiten Ausbau
- Steigerung Geothermie-Ausbau mit deutlich steigenden Ausbau-Anteilen Baden-Württembergs, in Anlehnung an die Sektorziele

Des Weiteren sind im Modell die folgenden Annahmen hinterlegt worden:

- Wasserkraft: leichter Rückgang der Investitionen, gleichbleibender Anteil Baden-Württembergs
- Export von Anlagen und Komponenten bleibt für ganz Deutschland etwa auf dem Niveau von 2022
- deutschlandweite Annahmen zu den Importquoten von Anlagen und Komponenten (siehe Ulrich/Edler/Ahlert 2024)

3.2.4 Konventionelle Kraftwerke

Der auf Bundesebene beschlossene Kohleausstieg verändert auch den Kraftwerkspark in Baden-Württemberg. In dieser Studie werden die zehn größten Kraftwerke mit fossilen Energieträgern, die Stand November 2024 noch im Betrieb sind, betrachtet (Bundesnetzagentur 2024a).

Den größten Anteil an der Bruttoleistung haben konventionelle Kraftwerke mit Steinkohle als Energieträger. Dies sind vom Betreiber Energie Baden-Württemberg (EnBW) der Block Rheinhafen Dampfkraftwerk-8 (RDK-8) in Karlsruhe und Teile der Heizkraftwerke (HKW) in Heilbronn und Altbach/Deizisau mit insgesamt 2.088 Megawatt (MW) Bruttoleistung, sowie zwei Blöcke des Großkraftwerks Mannheims² mit insgesamt 1.191 MW Bruttoleistung. Mit Erdgas als Energieträger werden vier Blöcke des EnBW HKW Altbach/Deizisau mit insgesamt 262 MW Bruttoleistung und eine HKW-Anlage der Papierfabrik Palm Power in Aalen (79 MW Bruttoleistung) betrieben.

Für die zehn größten konventionellen Kraftwerke gemessen an der Bruttoleistung in MW wurden die veröffentlichten Pläne für die Zukunft recherchiert (Tabelle 3). Die EnBW und das Großkraftwerk Mannheim planen einen vorgezogenen Kohleausstieg im Jahr 2028, wenn dadurch die Versorgungssicherheit nicht gefährdet ist (Energie Baden-Württemberg 2025; Land Baden-Württemberg 2023). Der Betrieb des von EnBW be-

2 Bei dem Großkraftwerk Mannheim handelt es sich um ein Gemeinschaftskraftwerk, an dem RWE Generation mit 40 Prozent, Energie Baden-Württemberg mit 32 Prozent und die MVV RHE GmbH mit 28 Prozent beteiligt sind. Diese Partner betreiben jedoch keine eigene Strom- und Wärmevermarktung (Großkraftwerk Mannheim AG 2025).

triebenen Steinkohleblocks RDK-8 am Rheinhafen in Karlsruhe ist bis zum Kohleausstieg 2028 geplant (Energie Baden-Württemberg 2025). Es ist nicht bekannt, ob die Anlage in die Netzreserve geht oder durch einen Fuel-Switch weiterbetrieben wird.

Für die EnBW-Steinkohleblöcke in Heilbronn und Altbach/Deizisau sind konkrete Modernisierungskonzepte veröffentlicht. Der Aufbau von Gas- und Dampfturbinenanlagen an den Standorten hat bereits begonnen. Der Betrieb soll zunächst mit Erdgas laufen, später dann mit grünem Wasserstoff. Parallel zur kommerziellen Inbetriebnahme der Gas- und Dampfturbinenanlagen sollen die Steinkohleblöcke stillgelegt werden (Energie Baden-Württemberg 2025). Für das Grosskraftwerk Mannheim steht eine Überführung in Netzreserve oder ein Fuel Switch wie in Heilbronn und Altbach/Deizisau im Raum (Landtag von Baden-Württemberg 2023).

Die erdgasbetriebenen Anlagen am Standort Altbach/Deizisau sollen bis 2030 wasserstofffähig werden (Energie Baden-Württemberg 2025). Die Anlage der Papierfabrik Palm Power wird ebenfalls modernisiert und darüber hinaus ist der Neubau eines Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerks mit einem Betrieb mit 50 Prozent Erdgas und 50 Prozent Wasserstoff geplant (Palm 2024).

Tabelle 3: Zukunftspläne der zehn größten Kraftwerke mit fossilen Energieträgern (gemessen an der Bruttoleistung, die Stand November 2024 noch in Betrieb ist)

Betreiber	Name der Stromerzeugungseinheit	Energie-träger	Brutto-leistung in Megawatt	Zukunftspläne
Energie Baden-Württemberg	Karlsruher Rheinhafen-Dampfkraftwerk RDK 8	Steinkohle	912	Betrieb bis 2028
Grosskraftwerk Mannheim	GKM Block 9;	Steinkohle	911	Netzreserve; ggf. Fuel-Switch
EnBW	Heizkraftwerk (HKW) Heilbronn HLB 7	Steinkohle	822	Stilllegung Steinkohleblock (ebenso Reserveblöcke 5 und 6); Fuel-Switch durch Neubau wasserstofffähige Gas- und Dampfturbinenanlage bis 2030; Umstellung des Fernwärmennetzes von Dampf auf Heißwasser
EnBW	HKW Altbach/Deizisau HKW 2 DT (Solobetrieb)	Steinkohle	354	Stilllegung Steinkohleblock; Fuel-Switch: Neubau wasserstofffähige Gas- und Dampfturbinenanlagen bis 2030
Grosskraftwerk Mannheim	GKM Block 6	Steinkohle	280	Fuel-Switch zu einer gas- oder biomassebefeuerten Kraft-Wärme-Kopplung-Anlage
EnBW	HKW Altbach/ Deizisau: GT C	Erdgas	87	bis 2030 wasserstofffähig
Palm Power	HKW Aalen	Erdgas	79	Modernisierung; Neubau Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerks; Betrieb mit 50/50-Mix aus Erdgas und Wasserstoff
EnBW	HKW Altbach/ Deizisau: 2 GT E (Solobetrieb)	Erdgas	65	bis 2030 wasserstofffähig
EnBW	HKW Altbach/ Deizisau: GT B	Erdgas	60	bis 2030 wasserstofffähig
EnBW	HKW Altbach/ Deizisau: Block 4 GT A (solo)	Erdgas	50	bis 2030 wasserstofffähig

Quelle: Bundesnetzagentur 2024a; Energie Baden-Württemberg 2025; Landtag von Baden-Württemberg 2023, Palm 2024; eigene Zusammenstellung

Zusätzlich zu den in Tabelle 5 gelisteten Kraftwerken, hat EnBW im April 2025 am Standort Stuttgart-Münster ein neues Gaskraftwerk mit einer Bruttolleistung von insgesamt 124 Megawatt in Betrieb genommen. Es ist für den späteren Betrieb mit grünem Wasserstoff ausgelegt. Die Umstellung ist in den 2030er Jahren geplant. Bis zur geplanten Abschaltung des bestehenden Kohlekraftwerks im Frühjahr 2026 laufen Gas- und Kohlekraftwerk parallel (Energie Baden-Württemberg 2024; SWR 2025b).

Anfang April 2025 hat EnBW darüber hinaus verkündet, am Standort in Karlsruhe in den Neubau eines Gas- und Dampfturbinenkraftwerks (RDK9 mit 850 Megawatt Nettonennleistung), das langfristig mit Wasserstoff betrieben werden soll, zu investieren. Baubeginn könnte bereits Ende 2026 sein (Walters/Zurawski 2025).

Die geplanten Neubauten und Umrüstungen der konventionellen Kraftwerke gehen mit erheblichen Investitionskosten einher. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme hat die Investitionskosten („capital expenditures“, kurz Capex) für Deutschland analysiert (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme 2024, S. 9 ff.).

Mit Blick auf die Ausgangslage in Baden-Württemberg und den Plänen zum Ersatz der Nettonennleistungen der konventionellen Kraftwerke wird ein Investitionsbedarf von mindestens 3,4 Milliarden Euro geschätzt. Davon entfällt der Großteil auf den Neubau von wasserstofffähigen Gas- und Dampfturbinenanlagen (Capex: 1.100 Euro je Kilowatt), nur etwa 27 Millionen Euro entfallen auf die wasserstofffähigen Umrüstungen der bestehenden Gaskraftwerke (15 Prozent der initialen Capex von 550 Euro je Kilowatt) (Energie Baden-Württemberg 2025; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme 2024; Landtag von Baden-Württemberg 2023; Walters/Zurawski 2025).

Über den Zeitraum bis 2030 ergeben sich durchschnittliche jährliche Investitionen, die etwa doppelt so hoch sind wie die Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen im produzierenden Gewerbe insgesamt (vgl. Kapitel 3.4.2). Durch Preissteigerungen und steigendem Strombedarf werden die tatsächlich benötigten Investitionen bis 2030 die vorgenommene Schätzung höchstwahrscheinlich deutlich übertreffen. Darüber hinaus kann die Stilllegung der Steinkohlekapazitäten, z. B. des Großkraftwerk Mannheim, bedeuten, dass zukünftig ein größerer Anteil des Strombedarfs, insbesondere Mannheims, überregional gedeckt werden muss (Landtag von Baden-Württemberg 2023).

Zur Struktur der Berufe im sehr spezialisierten Kraftwerksbau und Kraftwerksumbau gibt es keine Studienergebnisse. Über die Auswertung der Stellenausschreibungen (BIBB 2023) mit spezifischen Schlüsselbegriffen wurden folgende Schlüsselberufe identifiziert: „Ver- und Entsorgung“, „Energietechnik“, „Tiefbau“, „Maschinenbau- und Betriebstechnik“,

„Technische Produktionsplanung, -steuerung“ sowie „Technisches Zeichnen, Konstruktion, Modellbau“. Eine Abschätzung der Beschäftigungswirkung konnte im Rahmen der vorliegenden Studie nicht vorgenommen werden, da die Datengrundlagen insgesamt dafür nicht ausreichen.

3.2.2 Arbeitskräftebedarf EE-Ausbau

Unter Berücksichtigung der vorgestellten Maßnahmen, die für den Transformationspfad zum Erreichen des Sektorziels umgesetzt werden, wird die Entwicklung des Arbeitskräftebedarfes berechnet (siehe Tabelle 4). Für das Jahr 2022 lassen sich dem Land Baden-Württemberg rund 22.000 Arbeitsplätze dem Ausbau erneuerbarer Energien im Strom- und Fernwärmesektor zuweisen. Bis 2030 gibt es im Zielszenario einen starken Zuwachs von rund 17.700 Arbeitsplätzen (+82 Prozent).

Diese Steigerung ergibt sich im Durchschnitt aus Entwicklungen durch Investitionen inklusive Exporte und Entwicklungen durch Betrieb und Wartung. Getrennt betrachtet wird deutlich, dass der Arbeitskräftebedarf durch Investitionen zwischen 2022 und 2030 deutlich stärker steigt (+110 Prozent) als durch Betrieb und Wartung (+10 Prozent).

Das Beschäftigungswachstum geht auf besonders dynamische Entwicklungen in den wichtigsten Technologien Photovoltaik und Windenergie zurück. Ausgehend von dem Niveau im Jahr 2022 könnte sich der Arbeitskräftebedarf für den Ausbau der Windenergie an Land bis 2030 verdoppeln. Die bundesweit wirksamen Impulse aus dem Offshore-Bereich zeigen besonders hohe relative Steigerungsraten, was auf einen ambitionierten Ausbau, aber auch auf das geringere Ausgangsniveau im Jahr 2022 zurückzuführen ist. Beim Ausbau der Photovoltaik zeigt sich ein relatives Wachstum von rund 85 Prozent und ebenfalls ein um 2.000 höherer Arbeitskräftebedarf im Jahr 2030.

Das Wachstum findet auf allen Anforderungsniveaus statt und liegt bei besonders hohen Qualifikationen und Kompetenzen (Spezialist:innen und Expert:innen) relativ gesehen am höchsten. Der zusätzliche absolute Bedarf entfällt aber zur Hälfte auf Fachkräfte.

Tabelle 4: Arbeitskräftebedarf im Bereich Ausbau von EE-Strom, Status quo und Zielszenario

	2022	2030	Veränderung absolut	Veränderung relativ
EE-Strom, Anforderungsniveau				
Helper:innen	4.420	7.870	3.450	+78 %
Fachkräfte	10.990	19.850	8.860	+81 %
Spezialist:innen	3.390	6.150	2.760	+81 %
Experten:innen	3.010	5.620	2.610	+87 %
Summe	21.810	39.490	17.680	+82 %
EE-Strom, Technologien				
Photovoltaik	8.700	15.880	7.180	+83 %
Wind onshore	6.570	13.330	6.760	+103 %
Wind offshore	1.680	5.770	4.090	+244 %
sonstige EE-Anlagen	4.860	4.510	-350	-7 %

Quelle: eigene Berechnungen

3.2.3 Strukturen des Arbeitskräftebedarfs und Schlüsselberufe des EE-Ausbaus

Aufbauend auf die technno-ökonomischen Strukturen der Wertschöpfungsketten im Bereich des Ausbaus erneuerbarer Energien hat der zusätzliche Arbeitskräftebedarf Schwerpunkte auf unterschiedlichen Berufsgruppen. Insgesamt kommt es in allen der 140 Berufsgruppen zu einem Zuwachs im Arbeitskräftebedarf.

Für eine kompakte Darstellung wurden die 19 wichtigsten Berufsgruppen für die quantitative Analyse anhand zweier Indikatoren ausgewählt: (a) der absoluten Veränderung des Arbeitskräftebedarfs bis 2030 in einer Berufsgruppe und (b) der relativen Veränderung im Verhältnis zur Gesamtbeschäftigung in der jeweiligen Berufsgruppe im Jahr 2023.

Beispiel: Ergibt sich im Modell für eine Berufsgruppe ein Anstieg von 12.000 Beschäftigten (2022) auf 12.300 (2030), entspricht das einer Veränderung um 300 Personen (Indikator a). Bei 30.000 Beschäftigten in diesem Beruf in Baden-Württemberg im Jahr 2023 ergibt sich für die Kennzahl b ein Wert von $300 \div 30.000 = 0,01$.

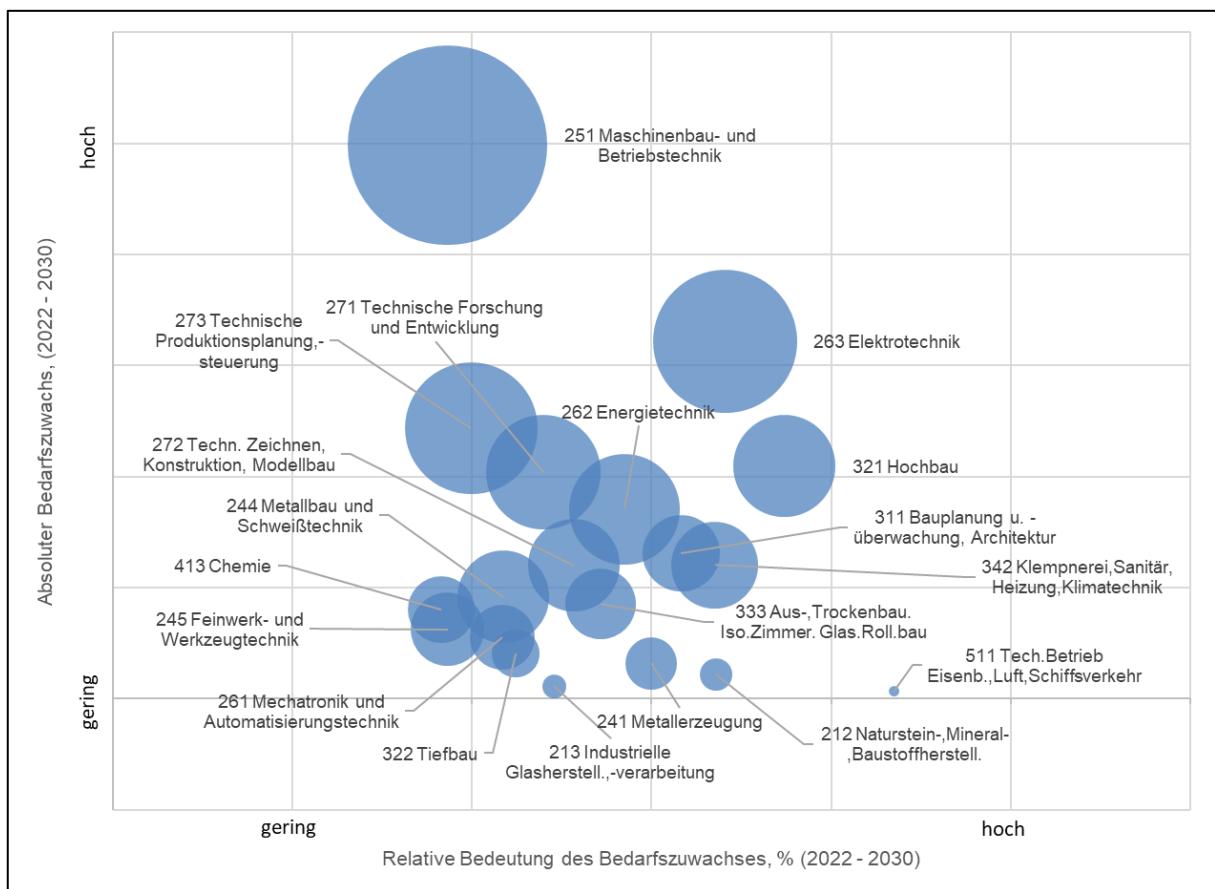
Die relative Veränderung wurde bei der Auswahl stärker gewichtet, da sie berücksichtigt, dass Berufsgruppen unterschiedlich häufig ausgeübt werden. Damit kann der Blick stärker auf seltene Berufe gelenkt werden.

Abbildung 1 ordnet die 19 Berufsgruppen in Bezug auf absolute und relative Veränderungen in einem Blasendiagramm ein. Berufsgruppen mit einem hohen absoluten Zuwachs sind oben angeordnet, jene mit einer hohen Bedeutung in Bezug auf den Bestand weiter rechts. Die Größe der Blase verdeutlicht die Bedeutung der Berufsgruppe für das jeweilige Handlungsfeld im Basisjahr.

Die Berufsgruppe „Elektrotechnik“ zeigt eine besonders hohe absolute Zunahme des Bedarfs bis 2030. Dieser absolute Bedarf trifft auch auf einen geringen Gesamtbestand, was zu einer Einordnung oben rechts im Diagramm führt. Ähnlich stellt sich die Perspektive für den Hochbau dar.

Den höchsten absoluten Bedarfszuwachs haben die Berufe der Maschinenbau- und Betriebstechnik, ein Beruf, der jedoch häufig vorkommt. Dagegen fällt der Bedarf im „Technischen Betrieb im Verkehr“ absolut gesehen sehr gering aus, trifft aber auch auf geringe Bestände (vgl. Abbildung 1). Unter den 19 dargestellten Berufsgruppen zählen die Bauberufe (erste Stelle des dreistelligen Codes 3) – wie etwa die Bauplanung und die Heizungs- und Klimatechnik – zu jenen mit hoher relativer Bedeutung, während die Fertigungsberufe (erste Stelle 2) mit hohen absoluten Zuwächsen auffallen.

Abbildung 1: Arbeitskräftebedarf nach Berufsgruppen,
Bereich EE-Strom-Anlagen (2022–2030)



Anmerkung: Die Größe der Blase verdeutlicht die mengenmäßige Bedeutung der Berufsgruppe im Ausbau von EE-Strom-Anlagen im Basisjahr.

Quelle: eigene Berechnung

Koneberg, Jansen und Kutz (2022) haben über eine Befragung von Expert:innen relevante Fachberufe für die Solar- und Windenergie erhoben. Mit Blick auf die Anzahl der Nennungen von Einzelberufen in dieser Studie und die hier vorgenommene quantitative Einordnung werden die in Tabelle 4 aufgeführten Schlüsselberufe für den zusätzlichen Bedarf bis 2030 gesehen. Dabei werden für die Berufsgruppen (3-Steller KldB) Beispiele auf Ebene der 4-Steller (Berufsuntergruppen) angeführt. In Anhang 1 werden Informationen zu den Berufsgruppen mit Blick auf erwartetem Arbeitskräftebedarf, Engpassanalyse und EE-Relevanz im Detail dargestellt.

*Tabelle 5: Schlüsselberufe des Ausbaus von EE-Anlagen (Strom):
Berufsgruppen und Beispiele zu Berufsuntergruppen nach Klassifikation
der Berufe (KlB 2010)*

Berufsgruppe	Beispiele Berufsuntergruppen
Maschinenbau- und Betriebstechnik (251)	technische Servicekräfte, Wartung, Instandhaltung (2513)
Energietechnik (262)	Leitungsinstallation,-wartung (2626)
Elektrotechnik (263)	Elektrotechnik (2630)
Metallbau und Schweißtechnik (244)	Schweiß-, Verbindungstechnik (2442)
Bauplanung und -überwachung, Architektur (311)	Bauplanung und -überwachung (3110)
Hochbau (321)	Berufe in der Dachdeckerei (3214)

Quelle: eigene Zusammenstellung und Auswertung auf Grundlage von Koneberg/Jansen/Kutz 2022

3.3 Gebäude

Im Gebäudesektor wird für das Jahr 2030 eine prozentuale Minderung von 49 Prozent gegenüber 1990 als Zielwert festgelegt (Land Baden-Württemberg 2023, ZSW et al. 2022). Dies entspricht einem Ausstoß an Emissionen von 10,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Zieljahr (ZSW et al. 2022). Seit 1990 sind die Emissionen im Gebädebereich in Baden-Württemberg nur um 17 Prozent gesunken und damit deutlich geringer als auf Bundesebene mit einer Reduktion von 41 Prozent (Stand 2019). Gegenüber 2019 wird im betrachteten Zielszenario eine weitere Emissionsminderung von 39 Prozent erreicht (ZSW et al. 2022).

Die Berechnungen zeigen, dass hierfür sehr ambitionierte Maßnahmen erforderlich sind. Insgesamt muss der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser reduziert werden bzw. die Energieeffizienz gesteigert werden. Gleichzeitig ist ein Ausbau der Wärmenetze und Wärmepumpen erforderlich.

3.3.1 Maßnahmen und Annahmen

Im Bereich der EE-Heizungsanlagen wurden für die Berechnung der Beschäftigungseffekte Maßnahmen und Technologien aus der Heizungstechnik und Nahwärme berücksichtigt. Im Bereich der Gebäudesanierung

lag der Fokus auf Fenstern und Außentüren sowie der Dämmung (Fassade und Dach). Beide Bereiche finden sich als zentrale Minderungshebel im ZSW-Zielszenario 2030 für den Gebäudesektor wieder: Ab 2023 dürfen keine Heizkessel für fossile Brennstoffe – auch nicht als Hybridheizungen – eingebaut werden. Stattdessen werden kurzfristig überwiegend Wärmepumpen installiert. Die Anzahl der Wärmepumpen steigt von 120.000 (Stand 2020) auf 620.000 im Jahr 2030 (ZSW et al. 2022).

Der Transformationspfad zum Zielszenario sieht weiter einen ambitionierten Ausbau der Wärmenetze vor. Bis 2030 steigt die Anzahl der Wärmenetzanschlüsse um 62 Prozent, von 180.000 (Stand 2020) auf 290.000 Stück. Der Einfluss von Biomasse für die Wärmeversorgung steigt zunächst bis 2030 von 12 Terrawattstunden (TWh) (2020) auf 16 TWh, geht aber langfristig zurück. Dazu wird ein leichter Zubau von Holzpelletkesseln angenommen, die bei Gebäuden mit hohem Wärmebedarf eingesetzt werden können, wenn Wärmepumpen weniger geeignet sind (ZSW et al. 2022).

In der Gebäudesanierung sind die Anforderungen an den Sanierungsstandard von Bestandsgebäuden im Zielszenario in Baden-Württemberg höher als auf Bundesebene (Niveau des Effizienzhauses 55 statt 70). Darüberhinausgehende ambitioniertere Sanierungen steigen im Betrachtungszeitraum ebenfalls kontinuierlich bis auf 21 Prozent im Jahr 2040. Der Anteil sogenannter Pinselsanierungen ohne energetische Verbesserungen fällt hingegen auf vier Prozent (ZSW et al. 2022).

Um den Wärmebedarf zu senken, steigt der Anteil an Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung bis 2030 auf zehn Prozent aller Gebäude. Gleichzeitig steigern fortschreitende Dämm-Maßnahmen die Wärmepumpeneffizienz. Insgesamt fällt der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im Zielszenario bis 2030 um acht Prozent und bis 2040 um 25 Prozent gegenüber 2020 (ZSW et al. 2022).

Für die Berechnung der Beschäftigungswirkungen im Sektor Gebäude werden die Bereiche „EE-Heizungsanlagen“ und „Gebäudesanierung (Außenhülle)“ getrennt betrachtet. Die Abschätzungen zu den EE-Heizungsanlagen werden aus der EE-Bruttopeschäftigung ausgegliedert (vgl. Kapitel 3.1). Sie beinhaltet die EE-Technologien Wärmepumpen, Biomassekleinanlagen (z. B. Holzpellet- oder Hackschnitzelheizungen) und solarthermische Anlagen.

Folgende Annahmen sind mit Blick auf EE-Heizungsanlagen im Modell getroffen worden:

- Wärmepumpenhochlauf mit gleichbleibenden Anteilen von Baden-Württemberg an Deutschland
- verringelter Ausbau von Biomassekleinanlagen (insbesondere gegenüber 2022) mit gleichbleibenden Anteilen

- leichte Steigerung des Solarthermie-Ausbaus mit leicht steigenden Anteilen

Für die Abschätzung der Beschäftigungswirkung durch die energetischen Sanierungen der Gebäudehülle (Fassade, Fenster, Dach) wurde zunächst ein Mengengerüst aus der Studie zur Bruttobeschäftigung für Deutschland (Blazejczak et al. 2024) und der aktuellen Bauvolumenrechnung (Gornig/Klarhöfer 2023) erstellt. Im eigenen regionalen Input-Output-Modell wurde anschließend eine Hochrechnung der Beschäftigung in Baden-Württemberg im Basisjahr vorgenommen. Basiswert ist damit – ausgehend vom Bauvolumen in Deutschland – eine Investitionssumme von etwa 4,6 Milliarden Euro.

Im Austausch mit dem Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) wurde ein Mengengerüst zum Wohnflächenbestand und Sanierungsquoten in Baden-Württemberg erstellt, um die Annahmen aus der Sektorziel-Studie so umzusetzen, dass der Umfang der zu sanierenden Wohnflächen abzuschätzen ist. Mit einer um vier Prozentpunkte höheren Sanierungsquote und sanierungsgradspezifischen Kostensätzen aus Walberg et al. (2022) ergibt sich eine Steigerung der jährlichen Investitionen in energetischen Gebäudesanierung um 50 Prozent bis zum Jahr 2030.

3.3.2 Arbeitskräftebedarf für energetische Gebäudesanierung und EE-Heizungsanlagen

Im Jahr 2022 werden 14.000 Arbeitsplätze im Bereich Gebäude den EE-Heizungsanlagen zugeordnet. Bei der Entwicklung im Zielszenario bis 2030 kommt es zu einem Anstieg des Arbeitskräftebedarfes um 4.400 Arbeitsplätze, einem Plus von 31 Prozent. Anders als im Bereich Energiewirtschaft, fällt hier der größere Anteil des Anstiegs mit 39 Prozent auf die Entwicklung durch Betrieb und Wartung aus, während die Entwicklung durch Investitionen inklusive Exporte nur +24 Prozent beträgt.

Dem Unterbereich der Gebäudesanierung (Außenhülle) können 46.500 Arbeitsplätze zugeordnet werden (Stand 2022). Im Zielszenario kommt es hier zu einem Anstieg des Arbeitskräftebedarfes um 23 Prozent, also rund 11.000 Arbeitsplätzen.

Insgesamt steigt der Arbeitskräftebedarf um etwa 15.000, was eine Steigerung von etwa 25 Prozent entspricht (vgl. Tabelle 6). Bei der Verteilung auf die Anforderungsniveaus zeigt sich ein stärkeres relatives Wachstum bei hohe Anforderungsniveaus (Expert:innen/Spezialist:innen). Insgesamt entfallen jedoch über die Hälfte des zusätzlichen Bedarfs auf Fachkräfte.

Tabelle 6: Arbeitskräftebedarf im Sektor „Gebäude“ nach Handlungsfeldern und Anforderungsniveau der ausgeübten Tätigkeit

	2022	2030	Veränderung absolut	Veränderung relativ
EE-Wärme (Kleinanlagen)				
Helper:innen	2.730	3.580	850	31 %
Fachkräfte	7.510	9.820	2.310	31 %
Expert:innen	1.630	2.150	520	32 %
Spezialist:innen	2.140	2.830	690	32 %
Gebäudesanierung (Außenhülle)				
Helper:innen	10.710	13.100	2.390	22 %
Fachkräfte	26.390	32.460	6.070	23 %
Expert:innen	4.260	5.370	1.110	26 %
Spezialist:innen	5.130	6.360	1.230	24 %
Summe	60.500	75.670	15.170	25 %

Quelle: eigene Berechnungen

3.3.3 Strukturen des Arbeitskräftebedarfs und Schlüsselberufe, Gebäude

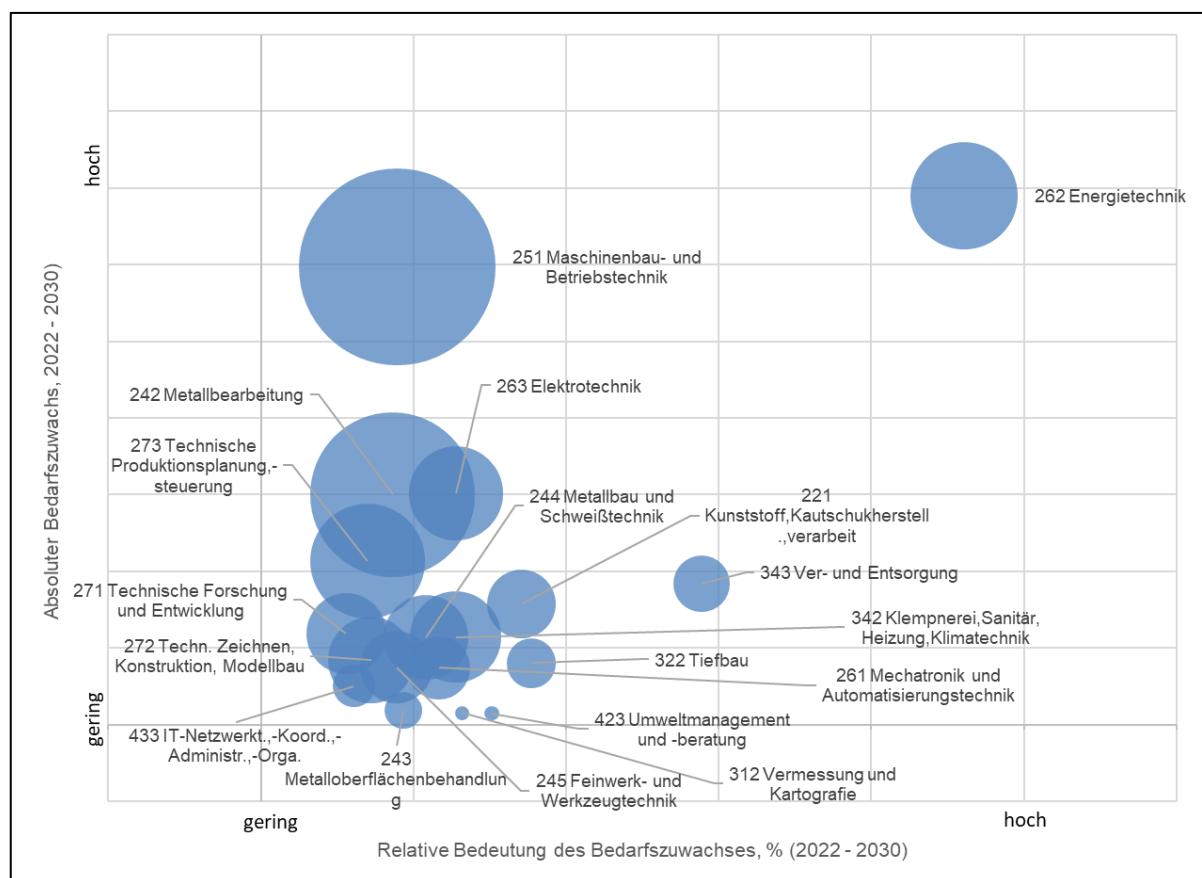
Im Folgenden werden die Strukturen des Arbeitskräftebedarfs getrennt für den Bereich „EE-Wärme“ (Kleinanlagen) und den Bereich Gebäudesanierung (Gebäudehülle) betrachtet. Aufgrund der techno-ökonomischen Strukturen der Wertschöpfungsketten im Wärmebereich des Ausbaus erneuerbarer Energien hat der zusätzliche Arbeitskräftebedarf Schwerpunkte auf unterschiedlichen Berufsgruppen. Insgesamt kommt es in allen der 140 Berufsgruppen zu Steigerungen im Arbeitskräftebedarf. Für eine kompakte Darstellung wurden die 19 wichtigsten Berufsgruppen im Kontext der quantitativen Analyse ausgewählt. Das Verfahren zur Ableitung dieser Liste ist in Kapitel 3.2.3 dargestellt.

Im Ergebnis sind in Abbildung 2 alle Berufe im Bereich EE-Wärme (Kleinanlagen) nach absoluter und relativer Bedeutung dieser Veränderung eingeordnet. Die Größe der Blasen repräsentiert die Beschäftigung in dieser Tätigkeit im Basisjahr (vgl. Beschreibung in Kapitel 3.2.3). Die Berufe in der Maschinenbau- und Betriebstechnik (251) haben den höchsten absoluten Aufwuchs im Bedarf (oben links).

Die Energietechnik (262) hat eine hervorgehobene Stellung, da ein sehr hoher absoluter Bedarfzuwachs abgeschätzt wird und dieser im

Verhältnis zur vorhandenen Beschäftigung mit diesem Beruf auch besonders hoch ausfällt (oben rechts). Insgesamt ist der mengenmäßige Zusatzbedarf in Fertigungsberufen hoch, in Bauberufen ist die relative Bedeutung häufig höher.

Abbildung 2: Arbeitskräftebedarf der wichtigsten Berufsgruppen, Bereich EE-Wärme (Kleinanlagen)



Anmerkung: Die Größe der Blase verdeutlicht die mengenmäßige Bedeutung der Berufsgruppe im Ausbau von EE-Wärme-Anlagen im Basisjahr.

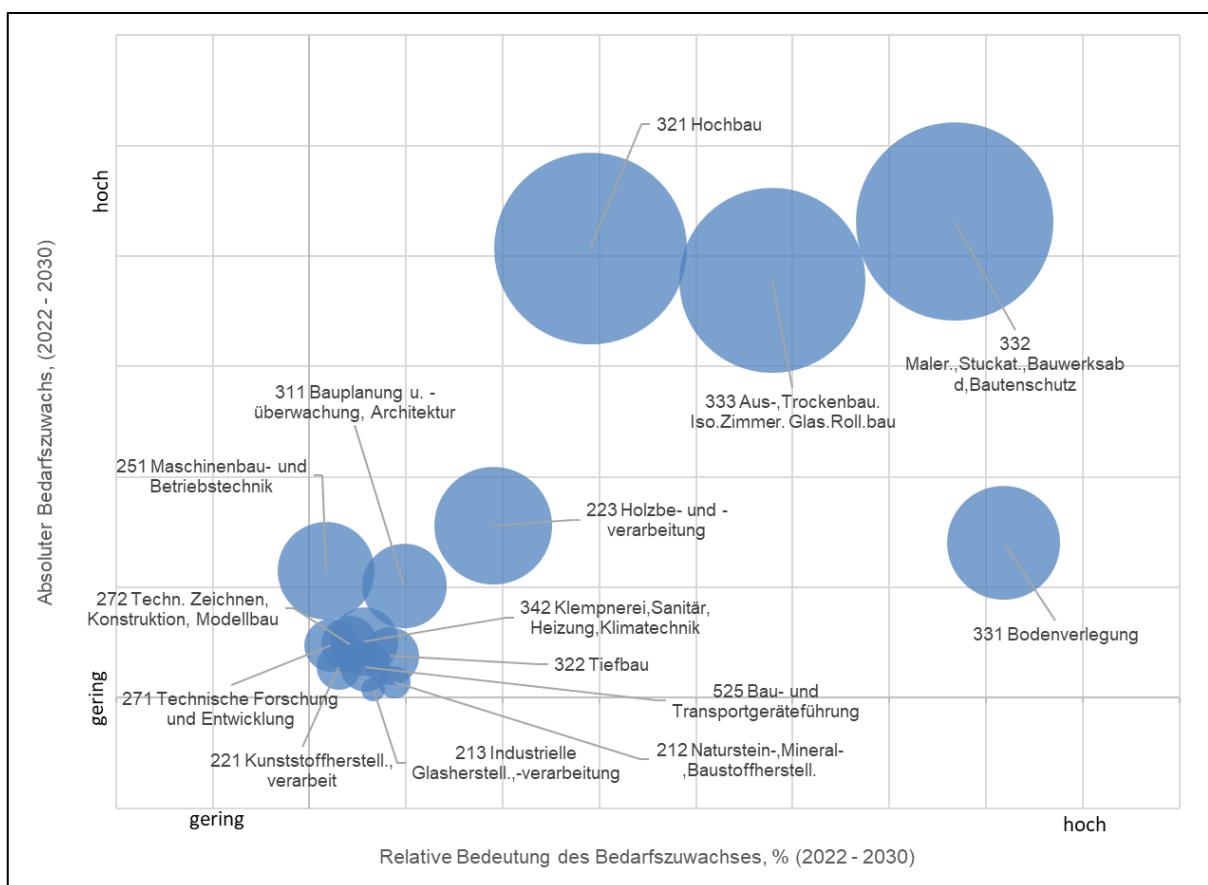
Quelle: eigene Berechnungen

In der Gebäudesanierung besteht ebenfalls eine spezifische Nachfragestruktur für Güter und Dienstleistungen. Sie wurde aus der Input-Output-Rechnung des statistischen Bundesamtes und vergleichbaren Studien (z. B. Blazejczak et al. 2024) abgeleitet. Daraus ergibt sich, dass we-

niger Stahl und Gebäudetechnik gebraucht wird als bei einer „durchschnittlichen“ Investition in Bauten.

Diese spezifische Kostenstruktur spiegelt sich in der Berufsstruktur im Bereich Gebäudesanierung wider. Nach dem bereits eingeführten Auswertungsschema ergeben sich 15 Berufsgruppen, die für die Gebäudesanierung im Fokus stehen (vgl. Abbildung 3). Besonders hervorzuheben sind der hohe absolute und die hohe relative Bedeutung des Bedarfzuwachs im Hochbau (321), im Aus-, Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rolladenbau (333) und Maler-, Stuckateurarbeiten, Bauwerksabdichtung, Bautenschutz (332) (vgl. Abbildung 3, Mitte bis rechts oben).

Abbildung 3: Arbeitskräftebedarf der wichtigsten Berufsgruppen, Bereich energetische Gebäudesanierung



Anmerkung: Die Größe der Blase verdeutlicht die mengenmäßige Bedeutung der Berufsgruppe in der energetischen Gebäudesanierung im Basisjahr.

Quelle: eigene Berechnungen

Analyse von Stellenausschreibungen

Für eine Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes hat das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) Stellenausschreibungen auf Schlagwörter mit Bezug zur ökologischen Transformation durchsucht und nach Qualifikationsbeschreibungen und Berufen ausgewertet (BIBB 2023). Dabei wurde die Datenbank der IAB-Stellenerhebung genutzt (vgl. Bauer et al. 2021, S. 50 ff.).

Für unsere Analysen wurde ein Datensatz bereitgestellt, der es ermöglicht Signalworte gezielt unterschiedlichen Maßnahmen und Handlungsfeldern der Energiewende zuzuordnen. Anschließend kann die Anzahl der Nennungen in Berufsgruppen aufsummiert werden, um die Bedeutung der Berufe in einem Handlungsfeld abzuschätzen.

Im Folgenden werden die „Schlüsselberufe“, die für den Sektor Gebäude fachlich besonders im Fokus stehen analysiert. Die Auswahl erfolgt entlang der Studie von Fries et al. (2024), sowie einer Sonderauswertung des BIBB (2023). Für den Bereich EE-Heizungsanlagen und Gebäudesanierung sind die wichtigsten Berufsgruppen sowie beispielhaft wichtige Berufsuntergruppen aufgelistet. In Anhang 2 werden zu allen Berufsgruppen detaillierte Ergebnisse aus vorangegangenen Analysen dargestellt.

Tabelle 7: Schlüsselberufe nach Klassifikation der Berufe (KldB 2010) im Sektor Gebäude in den Bereichen EE-Wärme (Kleinanlagen) und Gebäudesanierung (Außenhülle)

Bereich	Berufsgruppe	Wichtige Berufsuntergruppen
EE-Wärme (Kleinanlagen)	Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik (342)	Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (3421)
	Energietechnik (262)	regenerative Energietechnik (2624)
	Ver- und Entsorgung (343)	Rohrleitungsbau (3432)
	Elektrotechnik (263)	Elektrotechnik (ohne Spezialisierung) (2630)
Gebäudesanierung (Außenhülle)	Aus-, Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rollladenbau (333)	Isolierung (3331)
	Hochbau (321)	Dachdeckerei (3214)
	Mal- und Stuckaturarbeiten, Bauwerksabdeckung, Bautenschutz (332)	Maler- und Lackierarbeiten (3321)
	Bauplanung u. -überwachung, Architektur (311)	Bauplanung und -überwachung (ohne Spezialisierung) (3110)
	Umweltmanagement und -beratung (423)	Umweltschutzverwaltung und -beratung (4231)

Quelle: eigene Analysen der Stellenausschreibungen auf Grundlage von BIBB 2023 und Fries et al. 2024

3.4 Industrie

Das Minderungsziel für den Industriesektor wird für das Jahr 2030 auf 62 Prozent gegenüber 1990 festgelegt (Land Baden-Württemberg 2023, ZSW et al. 2022). Dies entspricht einem Ausstoß an Emissionen von 7,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Zieljahr. Im Vergleich zur Bundesebene (Minderungsziel von 58 Prozent) ist dieses Ziel als ambitionierter einzustufen (ZSW et al. 2022).

Dies liegt zum einen daran, dass die Emissionen in Baden-Württemberg zwischen 1990 und 2019 weniger stark gesunken sind als auf Bundesebene. Zum anderen gibt es in Baden-Württemberg keine primäre Stromerzeugung, bei der durch die Transformation der Stahlindustrie ein großer Minderungsbeitrag zu erwarten ist, wie dies auf Bundesebene der

Fall ist. Deshalb verlangt die skizzierte Transformation der industriellen Produktion in Baden-Württemberg schnell ambitionierte Maßnahmen.

3.4.1 Maßnahmen und Wirkungen

Übergreifend ist das Minderungsziel für den Industriesektor nur durch eine Steigerung der Energieeffizienz und einem gleichzeitigen Rückgang des Endenergieverbrauchs zu erreichen. Ausgehend von 60 Terrawattstunden (TWh) im Jahr 2019 sinkt der Verbrauch auf ca. 58 TWh im Jahr 2030. Das Sektorziel erfordert u. a. den vollständigen Kohleausstieg bis 2030 sowie einen schnellen und breiten Einstieg in die Elektrifizierung der Prozesswärme- und Dampferzeugung über hybride Systeme, Hochtemperatur Wärmepumpen und den (teilweisen) Ausstieg aus der Kraft-Wärme-Kopplung. Dies führt zu einer Halbierung des Erdgasverbrauchs der Industrie bis 2030 (ZSW et al. 2022).

Um die sinkende Nutzung von Erdgas zu ersetzen, steigt bis 2030 der Einsatz von Wasserstoff auf 1,2 TWh, hauptsächlich in der chemischen Industrie, der Metallerzeugung und -verarbeitung sowie der Zementherstellung. Der Stromverbrauch steigt bis 2030 von 5,3 TWh auf 31,4 TWh.

Um die Energieeffizienz zu steigern, muss allerdings insgesamt der Strom- und Prozessdampfbedarf reduziert werden. Dadurch werden Maßnahmen im Bereich der Querschnittstechniken erforderlich. So werden im Zieljahr nahezu alle größeren Prozessdampferzeuger in hybriden Konzepten betrieben. Um weitere prozessbedingte Emissionen im Industriesektor zu reduzieren, braucht es Regulierungen in der Produktverwendung, z. B. ein schneller Ausstieg aus der Verwendung von F-Gasen in Klimaanlagen (ZSW et al. 2022).

Zusätzlich muss die Steigerung der Materialeffizienz sowie die Kreislaufwirtschaft deutlich beschleunigt werden. Die wird unter anderem durch Fortschritte bei CO₂-effizienter Materialverwendung in den Nachfragesektor erreicht. Anhand des mit Abstand größten Emittenten im Industriesektor, der Zementherstellung, lässt sich erkennen, wie Maßnahmen auch in Kombination wirken müssen: Im Zielszenario ermöglicht eine Vielzahl aus Materialeffizienzmaßnahmen, Energieeffizienz, Brennstoffwechsel und CO₂-Abscheidung die jährlichen Emissionen der Zementherstellung von etwa drei Millionen Tonnen CO₂ (Stand 2019) auf Netto Null Emissionen bis 2040 zu bringen (ZSW et al. 2022).

Für die Abscheidung und (Offshore-)Speicherung von CO₂ soll an allen sechs Standorten der Zementherstellung bis 2040 Carbon Capture and Storage eingesetzt werden, bis 2030 soll mindestens eine erste Anlage

eingesetzt werden. Beim Ausbau der Fernwärmenetze müssen gezielt große Industrieverbraucher angeschlossen werden (ZSW et al. 2022).

3.4.2 Arbeitskräftebedarf und Schlüsselberufe

Zur Beschäftigungswirkung der Klimaschutzmaßnahmen in der Industrie liegt bisher keine umfassende Gesamtabsschätzung vor. Blazejczak et al. (2024) schätzen, dass 2020 rund 11.600 Beschäftigte in Deutschland direkt oder indirekt mit Energieeffizienzinvestitionen im produzierenden Gewerbe verbunden waren. Berücksichtigt wurden auch Investitionen im Bereich Bergbau, Energieversorgung und Abfallwirtschaft mit insgesamt 1,34 Milliarden Euro. Im Bereich der Energieeffizienzinvestitionen entfallen mindestens zweidrittel auf die Industrie. Über 22 Prozent der Investitionen in Deutschland sind in diesem Jahr von Unternehmen in Baden-Württemberg getätigten worden.

In Deutschland verdoppelte sich die Bruttobeschäftigung im Bereich Energieeffizienzmaßnahmen im produzierenden Gewerbe zwischen 2010 und 2020 (Blazejczak et al. 2024). 2021 und 2022 sind die Energieeffizienzinvestitionen im produzierenden Gewerbe jeweils um etwa 20 Prozent gestiegen (Statistisches Bundesamt 2025a). In Baden-Württemberg fiel der Zuwachs mit insgesamt sechs Prozent geringer aus (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2025b). Der Anstieg dürfte sich 2023, im zweiten Jahr mit sehr hohen Energiepreisen, fortgesetzt haben.

Für das Basisjahr ergibt unsere Schätzung der Bruttobeschäftigung in Baden-Württemberg einen Wert von 2.600. Auch wenn die Investitionen nach dem durch die Energiekrise bedingten Hochlauf wieder etwas zurückgehen könnte, ist angesichts der Sektorziele und der Entwicklung in den zehn Jahren zuvor ein weiteres Wachstum in Baden-Württemberg anzunehmen. Es wird angenommen, dass die Investitionen sich bis 2030 um 50 Prozent erhöht. Das Wachstum des Arbeitskräftebedarfs durch Energieeffizienzinvestitionen zwischen 2022 und 2030 im Sektorziel-Szenario wird auf +860 Personen geschätzt.

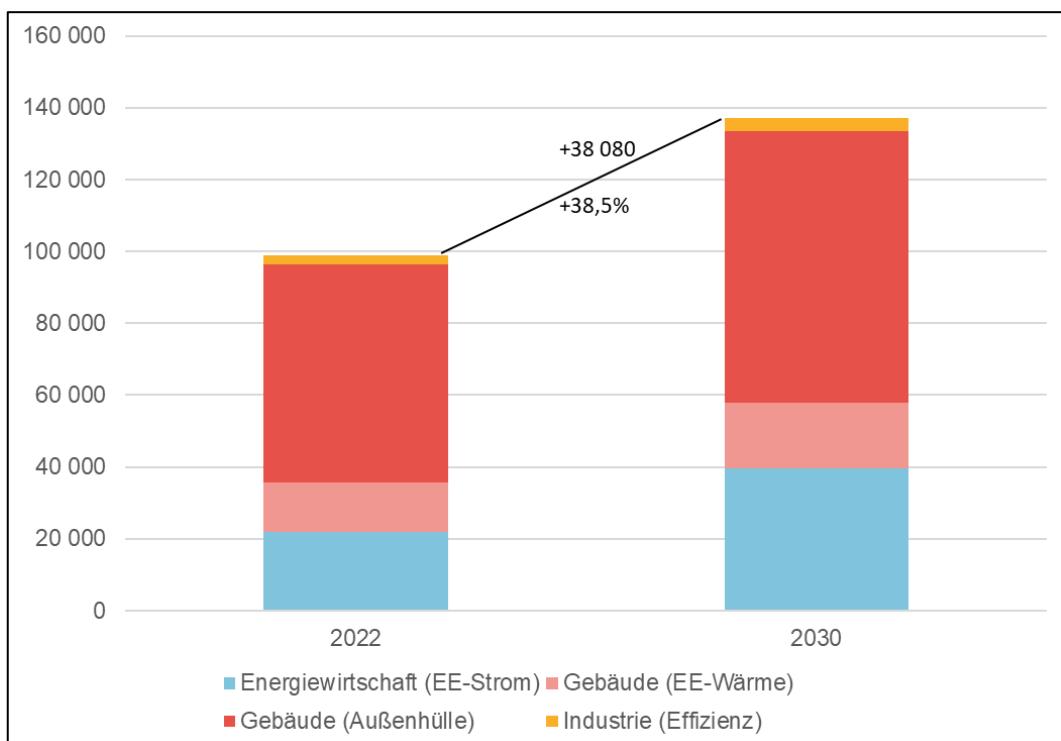
Mangels Datengrundlage im Modell erfolgt die Zuordnung von Berufen und Anforderungsniveaus auf Basis der Auswertungen von Stellenanzeigen zu Energieeffizienzmaßnahmen (BIBB 2023). Die Analyse ergibt, dass Tätigkeiten für Energieeffizienzmaßnahmen in der Industrie besonders häufig mit den folgenden Berufsgruppen assoziiert ist: Elektrotechnik (263), Energietechnik (262), Mechatronik und Automatisierungstechnik (261), Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik (342) und Technische Produktionsplanung,-steuerung (273). Bis auf die Berufe der technischen Produktionsplanung bestehen für all diese Berufsgruppen Engpässe.

3.5 Zusammenfassung

Abbildung 4 zeigt eine Zusammenfassung der mengenmäßigen Abschätzungen des Arbeitskräftebedarfs für den Status quo (2022) und das Zieljahr 2030. Diese Werte decken nicht alle Arbeitsplätze ab, die im Kontext der Energiewende und Klimaschutz bestehen. Gleichwohl sind – mit jenen Bereichen, für die entsprechende Daten vorliegen – die mengenmäßig wichtigsten Bestandteile erfasst. Demnach steigt die Bruttobeschäftigung im Kontext der Sektorziele von knapp 100.000 im Jahr 2022 auf etwa 138.000 im Jahr 2030.

Die Untergliederung des zusätzlichen Arbeitskräftebedarfs nach Berufen verdeutlicht, dass die Energiewende in hohem Ausmaß auf die technischen Berufe in Produktion und Bau angewiesen ist. Auch gibt es Berufsgruppen, die in allen Handlungsfeldern zu denjenigen gehören, in denen absolut und relativ besonders hohe Zuwächse zu erwarten sind. Für Berufsprofile mit hohen Anforderungsniveaus werden etwas höhere relative Veränderungen erwartet als für Helfer:innen und Fachkräfte.

Abbildung 4: Arbeitskräftebedarf für die Energiewende in den betrachteten Sektoren und Handlungsfeldern 2022 und 2030



Quelle: eigene Berechnungen

Die hier vorgenommenen Abschätzungen zur Beschäftigungswirkung deckt nur einen Teil der Energiewende-Beschäftigung in den betrachteten Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude und Industrie ab, sowohl aktuell als auch in der Zukunft ab (s. Übersicht in Tabelle 2). Maßnahmen im Bereich Fernwärme sind nicht vollständig enthalten, was sowohl den Sektor Energiewirtschaft und den Sektor Gebäude betrifft. Zu nennen sind Großwärmepumpen, der Ausbau der Fernwärmennetze und auch die kommunale Wärmeplanung.

Die Beschäftigung im Bereich Erzeugung und Verteilung von Wasserstoff ist auch nicht enthalten. Hier könnten bis 2030 starke relative Aufwächse stattfinden, jedoch nicht in großer absoluter Zahl. Die Impulse aus dem Stromnetzausbau werden nicht erfasst, hier ist auch nur teilweise eine Zurechnung auf die Energiewende möglich.

Der Sektor Industrie ist eine Quantifizierung der Bruttobeschäftigung für viele Maßnahmen nicht möglich oder sinnvoll. Häufig liegen nicht die passenden Daten und Informationen zu den Maßnahmen vor (oder noch nicht). Viele Prozessoptimierungen leisten einen Beitrag zur Minderung von CO₂-Emissionen. Diese Maßnahmen sind jedoch zur kleinteilig um korrekt eingeordnet und eindeutig dem Klimaschutz zugeordnet zu werden (z. B. Elektrifizierung).

Ein Teil des EE-Ausbau findet im Sektor Industrie statt, wird aber hier dem Sektor Energiewirtschaft zugeordnet. Bei Wasserstoffnutzung liegt der stärkste Anstieg der Investitionen im Zeitraum nach 2030, ebenso bei Carbon Capture and Storage. Insgesamt ist die Bruttobeschäftigung im Sektor Industrie mit der ausschließlichen Erfassung von Energieeffizienzmaßnahmen auch bis 2030 vermutlich deutlich unterschätzt.

Exkurs Wasserstoff

Der Einsatz von Wasserstofftechnologien wird auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wirtschaft in den nächsten Jahren zunehmen. In der Stahlproduktion kommt Wasserstoff zum Beispiel als umweltfreundliches Reduktionsmittel zum Einsatz, insbesondere bei der Herstellung von Roheisen aus Erzen. Das Direktreduktionsverfahren ermöglicht eine nachhaltigere und umweltfreundlichere Herstellung von Stahl.

Im Jahr 2020 wurde erstmals eine nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung entwickelt, die 2023 fortgeschrieben wurde. Ihr Ziel ist es, eine verlässliche Grundlage für Investitionen zu schaffen und die Zusammenarbeit mit europäischen und internationalen Partnern zu fördern. Bis 2027/2028 soll ein Startnetz mit mehr als 1.800 Kilometern Wasserstoffleitungen entstehen. Die Elektrolysekapazität für grünen Wasserstoff

soll bis zum Jahr 2030 mindestens 10 Gigawatt betragen (Bundesregierung 2023).

Der Aufbau eines Wasserstoff-Kernnetzes ist eine Grundvoraussetzung für den Markthochlauf. Dieses Netz soll große Verbrauchs- und Erzeugungsregionen für Wasserstoff in Deutschland erreichen und zentrale Standorte wie Industriezentren, Speicher, Kraftwerke und Importkorridore anbinden (Bundesnetzagentur 2025). Nach bisherigen europäischen bzw. deutschlandweiten Planungen erreichen die Wasserstoff-Pipelines Baden-Württemberg jedoch erst ab 2035 (Wachsmuth et al. 2023).

In einer breit angelegten Expert:innen-Befragung zur Ermittlung des Wasserstoff-Sentiment-Index schätzten 70 Prozent der Teilnehmenden das Marktpotenzial für Wasserstoff als hoch oder sogar sehr hoch ein. Laut den Befragten liegt das größte Marktpotenzial für Wasserstofftechnologien in Deutschland im Sektor „Industrie und verarbeitendes Gewerbe“, 88 Prozent der Befragten erkennen ein hohes oder sehr hohes Potenzial (Hornbostel et al. 2025).

Die Bewertung der Rahmenbedingungen fällt allerdings deutlich verhaltener aus. Diese werden auf einer Skala von 0 (negativ) bis 100 (positiv) mit durchschnittlich 46 Punkten bewertet. Der Teilindex „Fachkräfte und Kooperation“ wird von den Befragten als neutral (genau 50 Punkte) eingeschätzt, wobei das Fachkräfteangebot (44), die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften (48) und der Zugang zu Rohstoffen und Vorleistungen (44) schlechter bewertet wird als die Vernetzung nationaler Akteur:innen (60) und die Internationalen Kooperationen (54) (Hornbostel et al. 2025).

In einer aktuellen Wirkungsanalyse zeigen Ronsiek et al. (2024) die makroökonomischen Auswirkungen des Aufbaus einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland auf. Der Effekt auf das reale Bruttoinlandsprodukt ist demnach bis 2035 leicht positiv, wobei in den Folgejahren, aufgrund höherer Importe und niedrigerer Exporte, ein leicht negativer Effekt zu erwarten ist (Ronsiek et al. 2024).

Der Effekt auf den Arbeitsmarkt zeigt sich über den gesamten Projektionszeitraum hinweg positiv, wobei das Plus an Arbeitsplätzen im Vergleich zur Referenz langfristig geringer wird. Der Ausbau der erneuerbaren Energien und Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur führen insbesondere im Baugewerbe zu einem gesteigerten Bedarf an Arbeitskräften, sowohl in bautechnischen als auch administrativen Berufen (Ronsiek et al. 2024).

Auswertungen von Stellenanzeigen der Jobbörse der Bundesagentur für Arbeit aus den zwei Zeiträume April/Mai sowie Oktober/November 2019 zeigen auf, welche Kompetenzen Betriebe im Bereich Wasserstofftechnologien bereits nachfragen (Grimm/Janser/Stops 2021).

In beiden Zeiträumen wurde nach den Berufsgruppen „Technische Forschung und Entwicklung“, „Maschinenbau- und Betriebstechnik“, „Elektrotechnik“, Unternehmensorganisation und -strategie“, „Chemie“, „Energietechnik“ und „Ver- und Entsorgung“ gesucht. Jeweils nur in einem der zwei Zeiträume nachgefragt wurden „Einkauf und Vertrieb“, „Fahrzeug-, Luft-, Raumfahrt- und Schiffbautechnik, „Technisches Zeichnen, Konstruktion und Modellbau“, „Klempnerei, Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik“ sowie „Mechatronik und Automatisierungstechnik“ (Grimm/Janser/Stops 2021).

4. Die Wirkung der Energiewende auf die Qualität von Beschäftigung und Arbeit

Die Umstellung von fossilen zu erneuerbaren Energieformen (bei gleichzeitigem Ausstieg aus der Kernkraft) führt nicht nur zur Verschiebung von Arbeitsplätzen zwischen verschiedenen Branchen und zur Entstehung neuer Arbeitsbereiche und Berufsbilder, sondern verändert auch Qualifikationsanforderungen bei bestehenden Tätigkeiten und die Arbeitsweisen und -bedingungen in Unternehmen. Die in Kapitel 3 aufgezeigten quantitativen Beschäftigungseffekte der Energiewende in Baden-Württemberg werden daher im folgenden Kapitel um solche qualitativen Aspekte der Arbeit erweitert.

Neue Technologien in der Strom- und Wärmeerzeugung wie z. B. H2-ready-Gaskraftwerke oder Wärmepumpen, neue Leistungen wie etwa Smart-Home-Systeme und dynamische Stromtarife, veränderte Arbeitsprozesse in vielen kleinteiligen Projekten sowie die mit diesen Entwicklungen rasant zunehmende Digitalisierung von Arbeitsprozessen und Leistungen führen zu veränderten Anforderungen an die Beschäftigten. Die Energiewende und die Digitalisierung zusammen wirken dabei als „doppelte Transformation“ (Ernst 2018; Hofmann et al. 2024) und führen in den betroffenen Branchen zu einem überdurchschnittlich hohen Qualifizierungsbedarf (Monsef/Wendland 2022).

Durch die sich fundamental verändernden Prozesse und Strukturen werden gesellschaftlich beobachtbare Themen der „neuen Arbeit“ in Verbindung mit der Energiewende besonders relevant – das Umgehen mit der VUCA-Welt³, die sich auszeichnet durch dynamische und oft unvorhersehbare Veränderungen, wird zur zentralen Herausforderung (Klemme/Noack 2024).

Diese Entwicklungen waren bereits in der Vorgängerstudie von 2016 erkennbar (Löckener et al. 2016) und haben sich seitdem deutlich verstärkt. Neben energiebezogenen inhaltlich-fachlichen Kenntnissen (Kapitel 4.2) und Know-how zum Einsatz digitaler Technologien (Kapitel 4.3) gewinnen prozessbezogene Kompetenzen (Kapitel 4.4) und überfachliche Fähigkeiten (Kapitel 4.5) stark an Bedeutung.

Diese in Studien vielfach thematisierte zunehmende Relevanz „außerfachlicher“ Kompetenzen spiegelt sich auch in der breiten wissenschaftlichen Diskussion von „Future Skills“ wider (zu dieser Diskussion siehe

³ VUCA: unbeständig (V – volatile), ungewiss (U – uncertain), komplex (C – complex) und mehrdeutig (A – ambiguous)

Kirchherr et al. 2020), in denen zukünftig relevante Kompetenzen als Wegweiser für Unternehmen, Beschäftigte und Politik identifiziert und systematisiert werden sollen. Für Baden-Württemberg hat die AgenturQ mit Blick auf die Automobilindustrie eine vierteilige Struktur entwickelt (Baron et al. 2024), die hier mit leichter Anpassung in folgender Form zur Systematisierung der empirischen Befunde über Kompetenzanforderungen durch die Energiewende herangezogen wird:

- **Inhaltlich-fachliche Kompetenzen** betreffen Fähigkeiten und Wissen mit direktem Bezug zu den Leistungen bzw. Produkten eines Unternehmens.
- Bei **digitalen Kompetenzen** geht es um Fähigkeiten und Wissen im Hinblick auf die Hardware und Software von IT-Systemen sowie die IT-gestützte Verarbeitung von Informationen.
- **Prozessuale Kompetenzen** sind die Grundlage für allgemeine Geschäftsprozesse zur Leistungserbringung.
- **Überfachliche Kompetenzen** umfassen allgemeine Fähigkeiten, die auch für die Leistung am Arbeitsplatz bedeutsam sind.

Die Identifikation künftig relevanter Kompetenzen ist eine wichtige Grundlage zur Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Qualifizierung und von Maßnahmen zur Deckung des Fachkräftebedarfs (siehe Kapitel 5). Ergänzt wird die Betrachtung qualitativer Aspekte um die Arbeitsbelastung (Kapitel 4.7) und das Thema Interessensvertretung (Kapitel 4.8).

4.1 Methodisches Vorgehen

Die von Sustain Consult und GWS im Jahr 2016 vorgelegte Vorgängerstudie (Löckener et al. 2016) gehörte zu den ersten Arbeiten, die sich auf einer empirischen Basis mit den qualitativen Wirkungen der Energiewende auf die Beschäftigung und die Arbeit befasst hat.

Die Mehrheit der bisherigen Untersuchungen zu den Folgen der Energiewende für die Beschäftigung ist auf die Abschätzung des Arbeitsvolumens und die Wirkungen auf berufsbezogenen Beschäftigtenbedarfe oder wie die Studie der Friedrich-Ebert-Stiftung (Hoch et al. 2019) vor allem auf die durch die Energiewende bedingten Veränderungen und Bedarfe im Bereich der berufsfachlichen Qualifikationen konzentriert (in der Regel auf Bundesebene). Im Hinblick auf die Verfügbarkeit an bestimmten Fachqualifikationen zeigen Studien zunehmende Engpässe in solchen Berufen, die für die Umsetzung der Energiewende von besonderer Bedeutung sind (vgl. exemplarisch VDI 2025).

Demgegenüber sind die Bedarfe der für die Energiewende erforderlichen Kompetenzen in Verbindung mit notwendigen Weiterbildungen sowie die Gestaltung von Arbeit jenseits von beruflicher Bildung wenig untersucht. Dabei sind es u.a. die Faktoren Weiterbildung (Prandtner/Schwabl 2019, S. 25) und Interessenvertretung (Spiess 2024) die aus Beschäftigertensicht zu den Benefits bei der Wahl des Arbeitgebers zählen und die Mobilisierung und Rekrutierung von Fachkräften erleichtern. Um das Erwerbspotenzial von Frauen für den Beschäftigungsaufbau nutzen zu können, sind Arbeitgeber gut beraten, Frauen gezielt zu fördern (Bruch/Lee/Meier 2021).

Vor diesem Hintergrund sollen mit der vorliegenden Studie neue Anforderungen an Beschäftigte durch die Energiewende identifiziert werden. Hierzu wurde ein zweistufiges qualitatives Forschungsdesign gewählt:

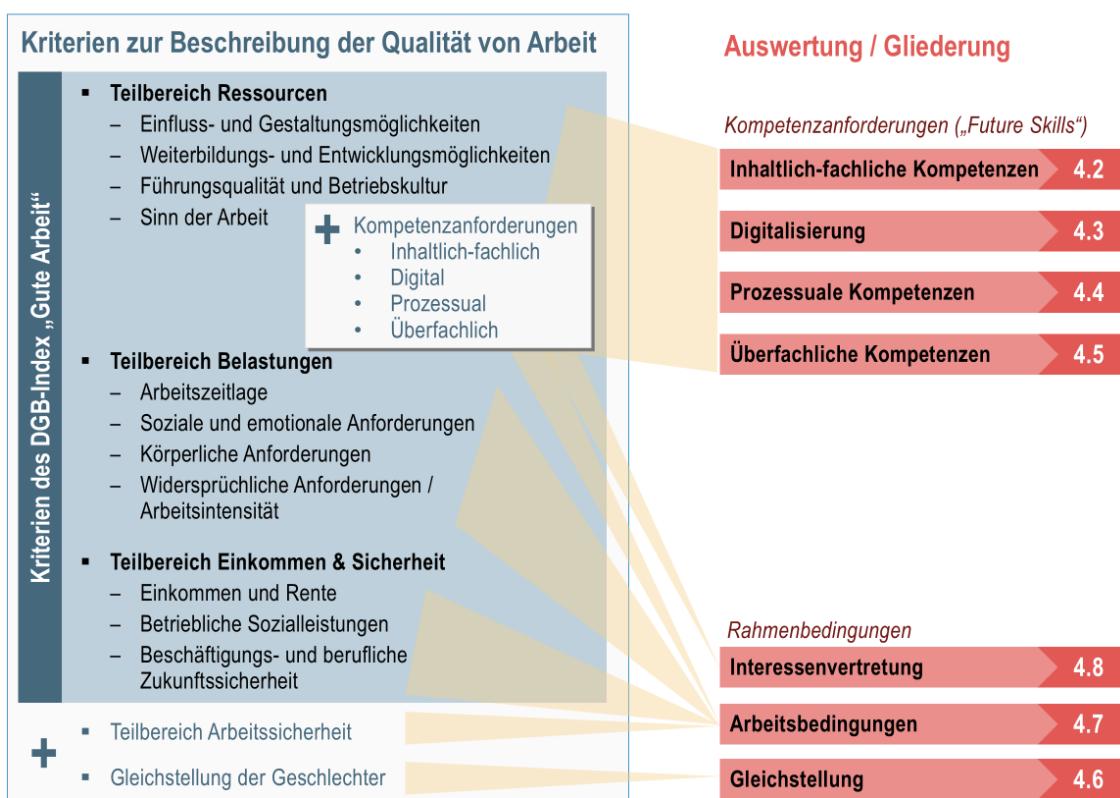
- Zunächst wurden 41 leitfadengestützten Interviews mit Entscheidungsträger:innen, Verantwortlichen oder Expert:innen aus Unternehmen (darunter Geschäftsführer:innen, Abteilungsleiter:innen und Betriebs- bzw. Personalräte) durchgeführt. Diese Interviews dauerten im Durchschnitt etwa 90 Minuten und wurden bis auf wenige Ausnahmen aufgezeichnet.
- Im zweiten Schritt wurden 12 Interviews mit Vertreter:innen von Forschungseinrichtungen, Verbänden, Kammern, Gewerkschaften und Bildungsträgern geführt, die eine überbetrieblich-fachliche bzw. branchenorientierte Sicht auf die Entwicklungen haben, um die Erkenntnisse aus den Unternehmensinterviews zu verifizieren. Diese Interviews dauerten im Durchschnitt 70 Minuten.

Die 41 Unternehmensinterviews wurden als themenzentrierte Gespräche auf der Basis eines Leitfadens (siehe Anhang 3) geführt: Im Mittelpunkt stand die Wirkung der Energiewende auf die Beschäftigung und die Arbeitsweisen im Unternehmen. Allerdings wurden auch „thematische Ränder“ erfragt wie z. B. Einschätzungen zur Unternehmenssituation, um die generellen Rahmenbedingungen des Handelns der/des betreffenden Gesprächspartners:in einzuschätzen zu können. Generell wurden durch den Leitfaden zwar Themenblöcke für die Interviews vorgegeben, gleichwohl sollten die themenbezogenen Sichtweisen und Interpretationen der Befragten zutage gefördert werden.

Der Interviewleitfaden für die Gespräche mit den Vertreter:innen der Wirtschaft ist auf einem Set von Indikatoren für die Qualität von Beschäftigung aufgebaut, das im Vorfeld der Interviews in Absprache mit den Auftraggebern entwickelt wurde. Das Indikatorenset basiert auf dem Kriterienkatalog des DGB-Index „Gute Arbeit“ und ergänzt diesen um weitere Aspekte.

Zur Erhebung von Veränderungen in den von Unternehmen geforderten Anforderungsprofilen an die Beschäftigten wurden Fragen nach „Zukunftscompetenzen“ in Anlehnung an die von der AgenturQ für Baden-Württemberg entwickelten Future Skills integriert (siehe oben, Kapitel 4). Darüber hinaus wurden die Aspekte Arbeitssicherheit und Gleichstellung aufgenommen. Insgesamt ergaben sich so die in Abbildung 5 dargestellten Indikatoren, die zur Auswertung im vorliegenden Kapitel wie in der Abbildung dargestellt zusammengefasst wurden.

Abbildung 5: Kriterien zur Beschreibung der Qualität von Arbeit



Anmerkung: Die negativ weißen Zahlen geben die entsprechenden Kapitel an, in denen die jeweiligen Themen behandelt werden.

Quelle: eigene Darstellung

Die Auswahl der Gesprächspartner:innen für die Interviews erfolgte in enger Absprache mit den Auftraggebern. Insgesamt waren 90 Kontaktanbahnungen erforderlich, um schließlich 53 Interviews (siehe Liste der Gesprächspartner:innen im Anhang 4) durchzuführen. Diese wurden als Vi-

deotelefonat durchgeführt. In nahezu allen Fällen gestatteten die Interviewpartner:innen die Aufzeichnung der Gespräche.

Die Auswertung des Interviewmaterials erfolgte gemäß üblichen Verfahren der qualitativen Inhaltsanalyse. Hierzu wurden die Gesprächsinhalte zunächst teiltranskribiert und das Textmaterial gemäß dem Vorgehen der deduktiven Kategorienanwendung den zuvor abgeleiteten und bereits im Interviewleitfaden verwendeten Indikatoren für die Qualität von Beschäftigung zugeordnet. In allen fünf Handlungsfeldern hatte der Erhebungs- und Auswertungsprozess einen stark iterativen Charakter. Dabei wurden mehrere Gesprächspartner:innen nochmals kontaktiert, um im Forschungsprozess neu identifizierte inhaltliche Aspekte erneut zu diskutieren und Diskrepanzen sowie Unklarheiten auszuräumen.

Ergänzt und gestützt wurden die Auswertungen durch eine umfangreiche Hintergrundrecherche, um die aus den Interviews generierten Erkenntnisse mit zusätzlichen Informationen anzureichern sowie die im Rahmen der Experteninterviews geäußerten Ansichten abzugleichen. Hierzu wurden wissenschaftliche Studien, Presseberichte sowie Jahresabschlüsse bzw. -berichte und Internetauftritte von Unternehmen ausgewertet.

4.2 Anforderungen an inhaltlich-fachliche Kompetenzen

Die Energiewende verändert die inhaltlich-fachlichen Anforderungen, die von Beschäftigten in den hier betrachteten Branchen bzw. Handlungsfeldern erfüllt werden müssen, in mehrfacher Weise. Ausgangspunkt dieser veränderten Kompetenzanforderungen sind in den meisten Fällen neuartige Technologien, die zudem eine hohe Innovationsdynamik aufweisen. Gleichzeitig ermöglichen diese neuen Technologien auch die Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen und einer Diversifizierung von Leistungen (z. B. unterschiedlichen Stromtarifen), was in Unternehmen zu organisatorischen Veränderungen führt. Und damit wächst gleichzeitig auch der Umfang an Regulation, die für Unternehmen den Rahmen setzt.

Dies alles führt auf der Ebene inhaltlich-fachlicher Kompetenzen, die in den Belegschaften und von einzelnen Beschäftigten benötigt werden, tendenziell zu

- zunehmender Spezialisierung, weil vertieftes Wissen erforderlich ist, um neue Technologien anwenden zu können und dabei der Innovationsdynamik zu folgen, und zu

- einer Verbreiterung des Spektrums an unterschiedlichen Berufen bzw. Kompetenzen, die für die Anwendung der diversen Technologien zusammengebracht werden müssen.

Nachfolgend werden die Wirkungen von technischen, organisatorischen oder regulatorischen Veränderungen betrachtet, die einerseits neue Arbeitsbedarfe und Tätigkeiten, für die die erforderlichen Kompetenzen und Qualifikationen erworben werden müssen, entstehen lassen und andererseits Tätigkeiten überflüssig machen, wodurch bestehende Qualifikationen an Bedeutung verlieren oder der Bedarf für manche Berufe entfällt (Brehm 2021). Dies erfordert von vielen Beschäftigten im Zuge der Energiewende eine Aufstockung der vorhandenen Qualifikationen, und zwar innerhalb nahezu aller Beschäftigtengruppen und Anforderungsniveaus.

4.2.1 Wirkung neuer Technologien auf die technische Expertise

Besonders deutlich lässt sich der durch die Energiewende induzierte Bedarf an veränderten und neuen technischen Qualifikationen am Beispiel von **Energieversorgern** aufzeigen: Der Wandel von fossilen Großkraftwerken als vergleichsweise gleichförmiger Technologie hin zu verschiedenenartigen dezentralen Anlagen zur Nutzung unterschiedlicher regenerativer Energieformen erhöht die technische Diversität und erfordert entsprechend unterschiedliche Fachkenntnisse innerhalb eines Unternehmens.

Für die Projektierung der vielen dezentralen Anlagen sind aufgrund des damit steigenden Aufwands mehr Ingenieure mit Planungskompetenz nötig – oder es muss überhaupt erst Planungskompetenz aufgebaut werden, sofern das betreffende Unternehmen ursprünglich nur Strom bezogen und weiterverkauft hat. Monteure müssen den Umgang mit den neuen oft sehr komplexen Technologien lernen und insbesondere im Betriebschaftsdienst mit ständig neuen Aufgaben umgehen. Zudem werden die Anlagen zumeist elektronisch gesteuert, sodass die Instandhaltung, Wartung und Bedienung neben mechanischen Kenntnissen auch elektronische Kenntnisse voraussetzen.

Insgesamt ist durch die Energiewende und die damit entstandene breite Vielfalt an Energiemanagementsystemen eine Ausweitung des Geschäftsfeldes von Energieversorgungsunternehmen vom reinen Energieanbieter hin zur Entwicklung von spezifischen Kundenlösungen und Projektberatung zu beobachten, wodurch viel breites und detailliertes Branchenwissen notwendig ist und Technikkompetenz vielfach mit Geschäfts-

modellverständnis kombiniert werden muss. Viele Kunden sind dabei heute über das Internet bereits sehr detailliert vorinformiert über die vielfältigen technischen Möglichkeiten, sodass in der Kundenberatung entsprechend umfassendes Wissen von den Beschäftigten erwartet wird.

Veränderte und steigende Anforderungen an inhaltlich-technische Kompetenzen der Beschäftigten sind auch im Zusammenhang mit dem **Netzausbau** zu beobachten: Die steigende Zahl dezentraler Stromerzeugungsanlagen erfordert den abgestimmten Ausbau und den Betrieb der Stromnetze mit ihren notwendigen Komponenten, etwa den Bau von zusätzlichen Schalt- und Umspannwerken. Auch hier sind technischen Kompetenzen in der Netzplanung und -optimierung, in der Netztechnik und dem Netzbetrieb sowie Kenntnisse über verschiedenen Spannungsebenen (Hoch-, Mittel- und Niederspannung) notwendig.

So ist etwa die Errichtung eines Umspannwerkes eine komplexe Aufgabe, die die Zusammenarbeit von Beschäftigten aus unterschiedlichen Berufsfeldern erfordert: Tiefbau, Hochbau mit der Errichtung der Relaishäuser und Betriebsgebäude bis hin zur technischen Ausrüstung mit Transformatoren, Überspannungsableitern, Strom- und Spannungswandlern. Um diese Komplexität zu beherrschen, müssen Ingenieure neben dem fachlichen Wissen zunehmend Kompetenzen im IT-Bereich einsetzen. Gleiches gilt für Ingenieure und Monteure, die an Netzanlagen vor Ort Wartungen oder Reparaturen ausführen und dazu die komplexe Steuerung verstehen müssen.

Spezielle Qualifikationsanforderungen entstehen durch die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung, die aufgrund langer Übertragungsentfernnungen zwischen den Orten regenerativer Stromerzeugung (z. B. in der Nordsee) und hohem Strombedarf (z. B. in Baden-Württemberg) notwendig sind. Hierfür werden Spezialist:innen bei Energieversorgern wie auch in der Industrie benötigt.

Auch große Solarparks könnten zukünftig an das Hochspannungssystem angeschlossen werden, womit sich für die Ausrüster der Solarparks die Frage stellt, ob sie diese Leistung weiterhin zukaufen oder zukünftig mit eigenen Spezialist:innen erbringen. Diese Überlegung wurde in einem Experteninterview vor allem mit Blick auf Auslandsmärkte geäußert, aber perspektivisch auch für Deutschland als Option gesehen.

Nicht nur die energietechnische Beschaffenheit neuer Netzverbindungen sorgt dabei für eine zunehmende Spezialisierung von Qualifikationen beim Bau von neuen Stromübertragungsleitungen, sondern auch die Bauweise: Wo Leitungen – anders als in der Vergangenheit – als Erdkabel statt als oberirdische Freileitung gebaut werden, werden z. B. Tiefbauer benötigt.

Auch in der **Energietechnik**, also der Herstellung von Maschinen und Anlagen zur Stromerzeugung und Energieumwandlung, wirkt der Technologiefortschritt nach Auskunft der befragten Unternehmen auf die erforderlichen Qualifikationen der Beschäftigten in die Richtung einer höheren Spezialisierung bei gleichzeitiger Erhöhung der Bandbreite der benötigten unterschiedlichen Berufe bzw. Kompetenzen. So sind nicht mehr nur Maschinenbauer und Elektroingenieure gefordert, sondern in zunehmendem Maße auch IT-Spezialist:innen und Softwareentwickler, die etwa energietechnische Anlagen für Fernsteuerung und Fernwartung ausrüsten.

Mit den Alstom-Werken in Mannheim (Turbinenbau, heute Teil des GE-Konzerns) und Stuttgart (Kesselbau) gab es in Baden-Württemberg zwei bedeutende Standorte für den Großkraftwerksbau. Der Betrieb in Stuttgart wurde geschlossen und in Mannheim ist nach der Aufgabe der Turbinenfertigung die Planung, Projektierung und Projektsteuerung für den Bau von Gaskraftwerken sowie die Wartung und Instandhaltung von Anlagen übriggeblieben – mit weitaus weniger Beschäftigten. Dabei erfolgt eine Ausrichtung auf Gaskraftwerken, die zukünftig auch mit Wasserstoff betrieben werden können; hierzu müssen die erforderlichen Kompetenzen erworben werden (siehe Exkurs Wasserstoff).

Die Nutzung von **Erdwärme** ist ein weiteres Beispiel für eine zunehmende Vertiefung von Spezialisierungen bei gleichzeitiger Verbreiterung des Spektrums erforderlicher Berufe bzw. Kompetenzen: Für den Bau von Geothermie-Anlagen werden neben den Anlagentechniker:innen weitere spezielle Berufe wie Bohrtechniker:innen für die Ausführung der Bohrungen und Geolog:innen oder Ingenieur:innen für Geothermie benötigt, die z. B. die Eignung eines Standortes für die geothermischen Energiegewinnung untersuchen und zugleich auch bei der Erstellung von wasser- und bergrechtlichen Genehmigung für die Nutzung unterstützen.

4.2.2 Qualifizierungsbedarfe für die Energiewende im Gebäudesektor

Im Sektor „Gebäude“ werden zum Erreichen der Klimaziele nicht nur neue Technologien zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt, sondern vor allem auch der Energiebedarf gemindert, insbesondere durch eine Dämmung von Gebäudehüllen. Da bei der energetischen Gebäudesanierung bisher nur langsam Fortschritte erzielt wurden und die Anstrengungen gesteigert werden müssen, wird es in Zukunft einen hohen Bedarf an Expert:innen für Abdichten, Dachdecken und Fassadenbau sowie an Fachkräften wie Dämmtechniker:innen oder Wärme-, Kälte- und Schallschutzisolierer:innen geben.

Bei der Entwicklung neuer Baumaterialien steigt zudem die Bedeutung der Bauchemie, wodurch immer mehr Fachkenntnisse über die jeweilige Einsetzbarkeit und Kombinierbarkeit der Bauprodukte erforderlich werden. Auch hinsichtlich der Verarbeitung der neuen Produkte sind zusätzliche fachliche und technische Kenntnisse nötig, da etwa Bauteile zusammengesetzt oder Steine mittels neuer Technologien maschinell geklebt statt mit Mörtel gemauert werden. Auch wenn nicht alle Innovationen bei Baustoffen und Baumaterialien und damit verbundene Technologie auf die Energiewende zurückzuführen sind, so ist doch das Bestreben nach Nachhaltigkeit im gesamten Bauprozess ein erheblicher Treiber.

Durch die Vielfalt der einsetzbaren neuen Materialien und Technologien steigt nicht nur der fachliche Qualifikationsbedarf innerhalb der einzelnen ausführenden Gewerke, sondern auch der Bedarf an gewerkeübergreifendem technischen Verständnis wie etwa der sachgerechte Umgang von Elektriker:innen mit der Gebäudehülle. Beim Thema Gebäudeenergie wachsen die Bereiche SHK (Sanitär, Heizung, Klima) und Elektronik durch Smart-Building-Systeme zusammen, was zu einer erhöhten Planungskomplexität und steigenden Anforderungen an die jeweiligen Beschäftigten führt.

Für eine klimaneutrale Wärmeerzeugung wird der Einsatz von Fernwärme und Wärmepumpen zunehmen (müssen) (ZSW 2022, S. 82). Letztere sind mit veränderten Qualifikationsanforderungen an Anlagenmechaniker:innen für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik verbunden, dies gilt für Planung, Installation und Wartung. In der Planung ist die Auslegung gemäß Nutzungsverhalten und bestehendem Gebäudesystem und bei der Installation die Berücksichtigung der spezifischen Bedingungen und die entsprechende Einstellung zu gewährleisten. Auch bei der Wartung ergeben sich gegenüber Öl- oder Gasheizungen höhere Anforderungen an Anpassung und Optimierung.

Vor allem in kleineren Betrieben bedeuten diese erhöhten fachlichen Anforderungen nach Auskunft der Unternehmen, das zur Aufstellung der Anlage der/die Chef:in (evtl. mit Ingenieursstudium) oft selbst vor Ort sein muss, da diese Kenntnisse in der handwerklichen Ausbildung der Monteur:innen noch nicht ausreichend berücksichtigt werden. Für die Reparatur und Wartung von Wärmepumpen ist eine Zertifizierung für den Umgang mit Kältemitteln notwendig: Der sogenannte Kälteschein Kategorie 2 erlaubt Fachkräften, Tätigkeiten an Kälteanlagen und Wärmepumpen mit maximal 3 Kilogramm fluorierten Treibhausgasen auszuführen.

Werden Wärmepumpen dann noch mit einer PV-Anlage, Energiespeichern oder einer Ladestelle für E-Autos vernetzt, entsteht ein komplexes System, dessen Teile genau aufeinander abgestimmt sein müssen. Hier ist oftmals die Fachkompetenz von Energieberater:innen gefragt, deren

Know-how bei Neubauten und Sanierungen aufgrund der Energiewende für die Bauherr:innen oftmals von größerem Interesse als die Beratung durch Architekt:innen ist.

Die Nachfrage nach fachkundiger Gebäudeenergieberatung ist entsprechend hoch – die Nachfrage nach entsprechenden Weiterbildungen im Handwerk und bei den Architekt:innen ebenso. Denn im Unterschied zur Befragung für die Vorgängerstudie in 2015 (damals sollten erforderliche neue Qualifikationen oft durch Neueinstellung erlangt werden) setzen Betriebe heute vermehrt auf die Aus- und Weiterbildung der Beschäftigten (vgl. Kapitel 5.2 und Kapitel 5.3).

Mit Blick auf die besonderen Anforderungen der neuen Technologien sind inzwischen neue und spezialisierte Ausbildungsberufe in der Berufsgruppe der Energietechnik wie z. B. Mechatroniker:in mit Schwerpunkt erneuerbare Energien, Elektroniker:in für Betriebstechnik, Elektroniker:in für Energie- und Gebäudetechnik, Fachkraft für Solartechnik, Wärme-, Kälte- und Schallschutzisolierer:in, die auf die Anforderungen dieser wachsenden Branche zugeschnitten. Neben der klassischen Ausbildung gibt es auch zahlreiche Weiterbildungen wie Solartechniker:in, Fachkraft Elektrotechnik für Windenergieanlagen oder Fachagrarpirt:in für erneuerbare Energien bzw. Biomasse.

Die vorangehenden Ausführungen zu den gestiegenen Anforderungen an technisches Fachwissen zeigen deutlich, dass aufgrund der Art der Technologien und der Notwendigkeit ihrer Vernetzung zu Gesamtsystemen – egal ob beim Bau eines Einfamilienhauses oder der Erstellung eines komplexen Stromversorgungssystems – das entsprechende technische Fachwissen immer auch mit regulatorischen Fachkenntnissen (hierzu direkt unten) sowie Kompetenzen im Bereich Informationstechnologie (Kapitel 4.3) und Prozessgestaltung (Kapitel 4.4) kombiniert werden muss.

4.2.3 Zunehmende Bedeutung von regulatorischen Kompetenzen

Die Energiewende erfolgt in Baden-Württemberg ebenso wie in der gesamten Bundesrepublik unter relativ stark regulierten Rahmenbedingungen. Diese haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Arbeit von Projektierer:innen, Planer:innen, Anlagenbetreiber:innen und Herstellern technischer Ausrüstung – sowohl direkt durch die notwendige Einhaltung gesetzlicher Vorgaben bei der Arbeitsausführung als auch indirekt durch Nachfrageschwankungen aufgrund von (angekündigten) Gesetzesänderungen (vgl. die Entwicklung im Heizungsbau vor und nach der Novellie-

rung des Gebäudeenergiegesetzes im Jahr 2023). All dies übersetzt sich in Arbeitsauslastung.

In der Befragung von 2015 wurde festgestellt, dass die Kompetenz zum Umgang mit regulatorischen Rahmenbedingungen besonders bei Beschäftigten in der strategischen Planung und im Regulierungsmanagement immer wichtiger werden (Löckener et al. 2016, S. 52). Heute werden solche Kompetenzen auch für weitere Beschäftigte gefordert: Sowohl die zunehmende Vielfalt technischer Alternativen mit jeweils spezifischen Regularien als auch die durch die kleinen Größen und dezentralen Standorte zunehmende Anzahl an notwendigen Genehmigungsverfahren lassen den Bedarf an entsprechenden Kenntnissen weiter steigen.

Betroffen sind davon nicht nur Beschäftigte, die sich mit der Planung und Realisierung von Großprojekten befassen, sondern auch das Handwerk, für das Kenntnisse über rechtliche Anforderungen wie etwa bauaufsichtliche Regelungen bei der Installation von erneuerbaren Energieanlagen oder Regelungen zur Verkehrssicherungspflicht an Baustellen im Zuge des Stromnetzausbau immer größer werden. Als besondere Herausforderung wird dabei die häufige Änderung der Gesetzeslage benannt, die zu einem ständigen Weiterbildungsbedarf (und fehlender Planungssicherheit) führt.

Zudem muss bei der Projektierung und Planung im Rahmen von Genehmigungs- und Planfeststellungsverfahren eine Vielzahl von Verordnungen und Regularien – beispielsweise zur Anlagensicherheit, zum Denkmalschutz, zum Naturschutz oder zum Schallimmissionsschutz – berücksichtigt werden. Was 2016 bereits konstatiert wurde, gilt auch weiterhin: Regularien werden laufend weiterentwickelt, die Anzahl und Komplexität von Verordnungen steigen weiter und Beschäftigte müssen sich in diesem Feld entsprechend weiterbilden.

In der Energiewirtschaft betrifft dies v. a. Vorschriften zur Errichtung und des Betriebs von Anlagen zur Energiegewinnung, Vorgaben zur Energieeinspeisung, Dokumentationsvorschriften zum Netzausbau, Nachhaltigkeitsberichte und ISO-Zertifizierungen.

Auch im Bereich Gebäude nehmen Dokumentationsvorschriften zu, so haben früher Statiker:innen Energieausweise „nebenbei“ erstellt, wozu heute Fachleute nötig sind. Auch Nachweise der Baunachhaltigkeit, neue Anforderungen an Ökobilanzen, Normen für die Kombinierbarkeit von Baumaterialien etc. erfordern Fachwissen seitens der ausführenden Beschäftigten – und zwar nicht nur mit Blick auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sondern auch hinsichtlich des Umgangs mit den entsprechenden Datenmengen.

4.2.4 Zunehmende Spezialisierung der Beschäftigten durch Ausdifferenzierung der Technologien

Die Ausdifferenzierung der Technologien zur Strom- und Wärmeerzeugung und effizienten Energieverwendung führt dazu, dass das notwendige Wissen in technischer und regulatorischer Hinsicht tendenziell spezifischer wird. Für die Beschäftigten ist damit eine immer stärkere Spezialisierung verbunden. Der Umgang mit neuen Materialien, die Anlagenentwicklung auf Basis neuer technologischer Kenntnisse, die spezifischen Regularien für Genehmigungs- oder Förderverfahren, die Wartung dezentraler Anlagen – der kompetente Umgang mit diesen Sachverhalten erfordert Fachwissen, das nicht alle Beschäftigten in einem Betrieb und ggf. nicht mal jeder Betrieb vorhalten kann.

Die Kompetenzen je Beschäftigten differenzieren sich daher weiter aus. Dies wiederum hat Folgen: Erstens steigen die Anforderungen an die Verantwortlichkeit dieser Spezialist:innen in ihrem jeweiligen Fachgebiet tendenziell, da Vorgesetzte oder Kolleg:innen ohne Spezialwissen die Sachverhalte schlechter beurteilen können. Und zweitens steigt die Notwendigkeit zur guten Zusammenarbeit mit den Spezialist:innen aus anderen Bereichen.

Hersteller von Energietechnik sind von dieser Entwicklung ebenso betroffen wie das Handwerk, das solche Energietechnik installiert, oder Energieversorger und Netzbetreiber – sie alle benötigen Expert:innen und stehen vor der Herausforderung, die Anwendung von Spezialisierungen zu einem Gesamtergebnis zu koordinieren.

4.2.5 Arbeitserweiterungen und -bereicherungen durch zusätzliche Aufgaben

Neben der technologiebezogenen Ausdifferenzierung von Zuständigkeiten ist gleichsam in die Gegenrichtung auch eine aufgaben- bzw. arbeitsfeldbezogene Integration von Tätigkeiten zu beobachten, um die Arbeitseffizienz zu erhöhen. Dabei übernehmen Beschäftigte z. B. die Dokumentation über Technik, die sie selber eingebaut haben.

Beispiele wurden aus dem Netzausbau durch Unternehmen des Kabel- und Leitungsbau (inkl. Tiefbau- und Verlegearbeiten) berichtet: Dort übernehmen Beschäftigte für Stadtwerke zunehmend auch die Erstellung von Leitungsdokumentationen über die exakte Lage von Leitungen und Anlagen, damit diese später schnell und zuverlässig aufzufinden sind. Bislang fehlten vor allem Tiefenangaben.

Auch die Prüfung und Inbetriebnahme der Leitungen (v. a. in den Niederspannungsnetzen inkl. der Straßenbeleuchtungsanlagen) wird vermehrt von Beschäftigten aus dem Kabel- und Leitungsbau übernommen. Damit verbunden sind die technische Abnahme und Funktionsprüfungen und das Abwickeln des Inbetriebnahmeprogramms (Schritte der Übergabe) mit anschließender Freigabe an den Betrieb und die netzführende Stelle zum Dauerbetrieb. Die entsprechenden elektrotechnischen Kompetenzen zur Messung und Prüfung im Leitungsbau werden in erfordern elektrotechnische Berufe wie z. B. Elektroanlagenmonteur:innen, Elektroniker:innen oder Mechatroniker:innen.

4.2.6 Energiewende in der Industrie: Transformation statt Effizienzsteigerung

Für die Industrie – insbesondere für energieintensive Betriebe – wurde in der Vorgängerstudie 2016 die Steigerung der Energieeffizienz als wichtigste Strategie zur Einstellung auf die Energiewende beschrieben. Dabei geht es um die Optimierung bestehender Anlagen und der Betriebsweise im Hinblick auf den Energiebedarf. Dieser Ansatz spielt weiterhin eine Rolle. Als Instrument hierzu dient u. a. das Energiemanagement, welches 2016 in vielen Betrieben noch ein relativ neues Arbeitsfeld war, das für die damit befassten Beschäftigten von Industriebetrieben oder externen Dienstleistern mit neuen Anforderungen verbunden war.

Vor allem für Energiebeauftragte ergibt sich ein komplexer Aufgabenbereich. Er umfasst z. B. die Analyse von Energiedaten und -flüssen, die Entwicklung von Optimierungsmöglichkeiten durch Veränderungen der eingesetzten Technik und der Arbeitsausführung durch Beschäftigte, die Kontrolle der Einhaltung gesetzlicher Bestimmungen, (Projekt-)Management an der Schnittstelle von kaufmännischen und technischen Belangen des Energieeinsatzes und die Schulung von Beschäftigten über Energieeinsparoptionen. Neben den inhaltlich-fachlichen Qualifikationen sind für diese Tätigkeiten auch soziale Kompetenzen erforderlich.

In vielen Betrieben hat sich auch das Vorschlagswesen oder Ideenmanagement als wirkungsvolles Instrument zur Steigerung der Energieeffizienz erwiesen. Es setzt auf die Mitwirkung der Beschäftigten und ihre Vorschläge. Diese müssen dann im Hinblick auf ihre potenzielle Wirkung z. B. durch Energiebeauftragte, Leiter:innen des Energiemanagements oder den betreffenden Abteilungsleiter:innen inhaltlich-fachlich bewertet werden. Im betrieblichen Alltag genießt diese Aufgabe allerdings oft geringe Priorität, was Bearbeitungszeiten erhöht und die Effekte des Ideenmanagements begrenzt (vgl. Jeberien/Schneider/Stephan 2013).

Wo Energiemanagementsysteme betrieben werden oder durch ein umfassenderes Nachhaltigkeitsmanagement ergänzt wurden, gelten die Anforderungen an die Kompetenzen der Energiebeauftragten weiterhin. Inzwischen haben sich Aktivitäten zur Energieeffizienzsteigerung und ein Energiemanagement in vielen Unternehmen etabliert.

Dazu haben nicht zuletzt die Verpflichtungen für Unternehmen mit einen Endenergieverbrauch über 7,5 Gigawattstunden, ein Energiemanagementsystem einzuführen, die erweiterte Energieauditpflicht für Unternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten und die Pflicht zur Nachhaltigkeitsberichtserstattung (CSR-Berichtspflicht) dazu geführt, dass die entsprechenden fachlichen und regulatorischen Kompetenzen in vielen Unternehmen vorgehalten werden (müssen).

Hinzu kommt, dass große, unmittelbar berichtspflichtige Unternehmen auch bei ihren kleinen Lieferanten Dokumentationen und Berichte einfordern, um ihre Vorlieferkette bewerten zu können. Auch kleinere Produktionsunternehmen erkennen die Vorteile von ausgebildeten Energiemanag:innen im Unternehmen, um die Gesetzgebung und Verordnungen zu kennen und dieses Wissen dann als Multiplikator weitergeben zu können.

In Interviews für die vorliegende Studie ist allerdings deutlich geworden, dass eine Steigerung der Energieeffizienz aus der Sicht vieler Unternehmen alleine nicht mehr ausreicht. Denn auf diese Weise können erstens keine hinreichende Dämpfung der Energiekosten und zweitens perspektivisch keine klimaneutrale Produktion erreicht werden. Daher werden in vielen Unternehmen – teilweise mit Unterstützung von Ingenieurdienstleistern – umfassende Transformationspläne mit dem Ziel der Klimaneutralität bis 2045 entwickelt.

Dieses umfassendere Verständnis von Energiewende führt zu einer Umstellung der Produktionsweise, etwa in dem Prozesse elektrifiziert oder Wasserstoff statt fossiler Brennstoffe eingesetzt wird. Ergänzend haben viele Unternehmen damit begonnen oder planen, Abwärme konsequenter zu nutzen und ggf. auch zu vermarkten, selbst Strom zu produzieren oder Prozesswärme durch klimaneutrale BHKW herzustellen. Insgesamt werden zunehmend bivalente Anlagen wie z. B. Öfen für energieintensive Prozesse geplant und realisiert, die unterschiedliche Energieformen nutzen und Schwankungen im Netz ausgleichen können.

Die Anlagentechnik wird damit komplexer und verlangt eine Integration und Anpassung der Energieerzeugung an die Produktion und damit bereichsübergreifendes Denken und koordiniertes Handeln – und zwar in der Planungs-, Bau- und Betriebsphase. Eine größere Rolle spielt auch die Auswertung und Analyse von Daten, die durch eine umfangreiche Messtechnik erhoben werden.

Diese Strategien setzen damit auf Investitionen in Technologien, die für die betreffenden Betriebe oft neuartig sind und von den Beschäftigten teilweise ganz neue Kompetenzen erfordern. Zum Einsatz kommen in der Industrie also mittlerweile PV-Anlagen, Batteriespeicher, Elektrolyseure, Brennstoffzellen, Wärmepumpen, Biomasse-BHKW und weitere Technologien, mit denen sich Strom und Wärme klimaneutral und oftmals kostengünstig erzeugen lassen.

Auch wenn der Bau oder eine grundlegende Umrüstung bestehender Anlagen in der Regel durch externe Auftragnehmer erfolgen, so übernehmen Beschäftigte der anlagenbetreibenden Industrieunternehmen in aller Regel den Betrieb sowie die Instandhaltung und Wartung der Anlagen. Das dazu nötige Wissen wird in der Regel von Mitarbeiter:innen der Fachrichtungen Elektroniker:in für Betriebstechnik, Industriemechaniker:in oder Mechatroniker:in erlernt. Wo mit dem Wasserstoff erstmals ein explosionsgefährlicher Stoff im Betrieb verwendet wird, sind Schulungen in dieser Hinsicht erforderlich.

Neben der eigenen Stromerzeugung können auch über direkte Stromlieferverträge (Power Purchase Agreements, kurz: PPA) genutzt werden, um grünen Strom verfügbar zu machen. Die Bedeutung von PPA in Deutschland ist seit 2022 stark gestiegen, im Jahr 2023 hat sich die Zahl der Vertragsabschlüsse fast verdoppelt. Allerdings nutzen bisher vor allem große Unternehmen (aus Baden-Württemberg z. B. Daimler Truck), kaum jedoch kleine und mittlere Unternehmen dieses Instrument. Nach einer Analyse der Deutschen Energie-Agentur spielt dabei fehlendes Know-how eine wichtige Rolle (dena 2024, S. 7); so müssen die Preis- und Mengenrisiken für den Strommarkt fundiert abgeschätzt werden, um PPAs richtig einzusetzen.

Perspektivisch könnte in der Industrie auch Carbon Capture and Storage eingesetzt werden, falls sich Prozesse nicht durch Elektrifizierung oder Wasserstoff-Einsatz dekarbonisieren lassen. Ein Beispiel hierfür ist die Zementproduktion, bei der CO₂-Emissionen zum größten Teil durch die Stoffumwandlung von Kalkstein zu Zementklinker entstehen. Carbon Capture and Storage darf in Deutschland bisher nicht eingesetzt werden, die Koalitionsvereinbarung von CDU, CSU und SPD für die 21. Legislaturperiode des Bundestages sieht hierzu aber eine schnelle rechtliche Regelung vor (CDU/CSU/SPD 2025, S. 5).

Industriebetriebe wie die Zementindustrie müssten dann Anlagen zur CO₂-Abscheidung betreiben. Hierfür gilt das Oxyfuel-Verfahren als kostengünstigste Lösung (Agora Energiewende/Wuppertal Institut 2019, S. 63; European Cement Research Academy / Cement Sustainability Initiative 2017, S. 171). Es handelt sich dabei um eine komplexe Technologie, die sich im Hinblick auf die Anforderungen an die Beschäftigten nach

Auskunft aus den Interviews nicht grundsätzlich von den übrigen Anlagen unterscheiden würde: Zur Steuerung des laufenden Betriebs müssten Anlagenbediener sowie zur Wartung und Instandhaltung Schlosser:innen und Elektriker:innen geschult werden.

4.3 Auswirkungen von Digitalisierung

4.3.1 Stellenwert der Digitalisierung für die Energiewende

Die Digitalisierung von Leistungen und Prozessen wurde in fast allen Experteninterviews als ein wesentlicher Treiber für die Geschäftsentwicklung der Unternehmen und die Veränderung der Arbeit der Beschäftigten benannt. Dabei ging es in den einzelnen hier betrachteten Branchen jeweils um sehr spezifische Entwicklungen mit einer Digitalisierung auf sehr verschiedenen Ebenen und mit unterschiedlicher Tragweite (im Detail siehe unten); überall gilt digitale Technologie aber als zentraler Enabler der Energiewende und als Faktor, der die Arbeitsprozesse der Beschäftigten grundlegend prägt und zu neuen Anforderungen an Kompetenzen führt.

In den Interviews für die Vorgängerstudie (Löckener et al. 2016), die im Jahr 2015 durchgeführt wurden, hatte sich dies nur ansatzweise so dargestellt. Zwar wurden auch damals einzelne Aspekte angesprochen, die mit der Anwendung digitaler Technologien zusammenhingen, wie etwa die Weiterentwicklung von Stromnetzen zu sog. Smart Grids, der daraus entstehende Bedarf von Mitarbeiter:innen mit IT-Kompetenzen, die durch IT begünstigte Flexibilisierung der Arbeit in zeitlicher und räumlicher Hinsicht oder die Anwendung von IT-gestütztem Projektmanagement.

Hierbei handelte es sich allerdings um einzelne Entwicklungen, die isoliert nebeneinander standen und sich nicht zu einem größeren Zusammenhang fügten. Dies deckte sich mit Befunden aus anderen Studien, nach denen z. B. die Energie- und Wasserversorgung in den Jahren 2015 und 2017 jeweils geringe und sogar sinkende Digitalisierungsgrade aufwies und weitaus niedriger als in anderen Dienstleistungsbranchen lagen wie etwa den Finanz- und Versicherungsdienstleistern (Stettes 2018, S. 11).

Mittlerweile wird die Bedeutung der Digitalisierung für die Energiewende gänzlich anders bewertet, nämlich als Kerntechnologie für das Gelingen (vgl. Brückner et al. 2021; Fraunhofer CINES 2024). Virtuelle Kraftwerke, Smart Grids, aus der Ferne steuerbare dezentrale Stromerzeu-

gungsanlagen und -speicher u. a. m. sind erforderlich, um die Volatilität in der regenerativen Stromerzeugung zu beherrschen, und nur mit digitalen Lösungen realisierbar. Erst mit IT-Systemen lassen sich die Datenmengen bewältigen, die durch Smart Meter oder Anlagensorik entstehen und bei der Steuerung des Energiesystems oder bei Abrechnungen zu grunde gelegt werden müssen.

4.3.2 Beispiele für die Digitalisierung von Arbeitsprozessen

In den Interviews wurden viele Beispiele für die Veränderung von Arbeit und die Entstehung neuer Anforderungen an die Beschäftigten durch Digitalisierung benannt. Auf dezentraler Ebene werden PCs, Tablets oder Handys bei der Installation, Wartung und Reparatur von Anlagen genutzt, um auf Bau- und Schaltpläne sowie Handbücher zu Anlagen zuzugreifen, Ersatzteile online zu bestellen und Prüfvorgänge zu unterstützen.

Im mobilen Arbeitseinsatz dienen diese Geräte dazu, Störungsmeldungen und Arbeitsaufträge zu empfangen, Beschäftigte per GPS-gestützter Navigation zu den betreffenden Anlagen hinzuführen und durchgeführte Arbeiten zu dokumentieren. Drohnen werden eingesetzt, um z. B. Zuständen von Gebäudefassaden und -dächern aufzunehmen, um die Ausführung von Dämmmaßnahmen vorzubereiten.

Online angebundene Sensorik an Energieanlagen ermöglichen eine vorausschauende Wartung, was die Entstehung von Schäden und damit Ausfallzeiten minimiert. In Umspannwerken werden Roboter für Inspektionen und zum Ablesen von Messinstrumenten eingesetzt, um die Anlage nicht spannungsfrei schalten zu müssen. Für komplexe Energieanlagen erfolgt mittlerweile auch ein Building Information Modeling (BIM) als digitale Vorzeichnung, wie es aus der Errichtung großer Gebäude bereits länger bekannt ist.

Intelligente, vernetzte und online angebundene Technik wird mittlerweile auch in Smart-Home-Häusern verbaut und muss von Planern und Handwerkern beherrscht werden. Aus PV-Anlagen, Wärmepumpen, Batteriespeichern und Ladestationen für E-Autos entstehen komplexe Systeme, die fachkundig aufgebaut werden müssen. Anlagen wie etwa Wärmepumpen werden auf Portalen der Technikhersteller registriert und können von Handwerkern aus der Ferne gewartet und kontrolliert werden. Generell sind Wärmepumpen für einen effizienten Betrieb betreuungsbedürftiger als konventionelle, fossil befeuerte Heizungen, was durch die digitale Technik möglich wird.

Bei Netzbetreibern und Energieversorgern müssen Daten aus dezentralen Anlagen von den Beschäftigten ausgewertet und verarbeitet werden. Hierzu sind Kompetenzen wie Datenmanagement und Datenanalyse erforderlich. In den Interviews wurde berichtet, dass die zu bewältigenden Datenmengen „zuletzt explosionsartig gestiegen“ sind und weiter steigen werden, wenn z. B. das rechtlich verpflichtende Rollout von Smart Metern voranschreitet und zur Abrechnung von Strombezug im Rahmen dynamischer Tarife genutzt werden. Mit den Datenmengen und unterschiedlichen Datenarten steigt die Komplexität, die von den Beschäftigten bewältigt werden müssen.

4.3.3 Bedeutung von Beschäftigten in IT-Berufen für das Energiesystem

Mit der Entstehung dieser Datenwelt ist die Digitalisierung insbesondere in der Energiewirtschaft zum strategischen Handlungsfeld geworden. Dies zeigt auch die Bedeutung der IT-Berufe in dieser Branche: In Baden-Württemberg liegt ihr Anteil an allen Beschäftigten in der Energieversorgung bei 3 Prozent und damit um rund 37 Prozent (in der Elektrizitätsversorgung: 45 Prozent) über dem Anteil in der gesamten Wirtschaft ohne die IT-Wirtschaft (vgl. Tabelle 8). Damit bleibt die Bedeutung der IT-Berufe in der Energieversorgung in Baden-Württemberg allerdings noch hinter dem bundesweiten Durchschnitt zurück, wo der Anteil sogar mehr als doppelt so hoch liegt wie in der gesamten Wirtschaft ohne die IT-Wirtschaft.

Für einzelne Unternehmen kann es dabei zu deutlich höheren Anteilen von Beschäftigten mit IT-Berufen kommen. Ein Interviewpartner schätzte diesen Anteil für die Kerngesellschaften eines Konzerns bei 10 bis 15 Prozent. Hier kommt es darauf an, ob die Unternehmen sich aufgrund der vorhandenen Kompetenzen in der Lage sehen, die Gestaltung der Digitalisierung in hohem Maße mit internen Ressourcen abzudecken, wie es tendenziell bei größeren Unternehmen der Fall ist, oder ob im Wesentlichen die Leistungen externer Dienstleister genutzt werden müssen, um größere Digitalisierungsprojekte zu bewältigen und IT-Strukturen auch auf Dauer zu betreiben.

Tabelle 8: Beschäftigte in IT-Berufen in der Energieversorgung in Deutschland und Baden-Württemberg am 30.6.2024

Wirtschaftsabteilungen und -gruppen der WZ 2008	Alle Berufsfelder	431 Informatik		432 IT-Systemanalyse, Anwenderberatung, IT-Vertrieb		433 IT-Netzwerktechnik, -Koordination, -Administration, -Organisation		434 Softwareentwicklung und Programmierung		Summe 431–434
	Zahl aller Beschäft.	Zahl der Beschäft. im Berufsfeld	Anteil an allen Beschäft.	Zahl der Beschäft. im Berufsfeld	Anteil an allen Beschäft.	Zahl der Beschäft. im Berufsfeld	Anteil an allen Beschäft.	Zahl der Beschäft. im Berufsfeld	Anteil an allen Beschäft.	Anteil an allen Beschäft.
Deutschland										
alle Beschäftigte	34.837.102	307.313	0,9%	243.566	0,7%	229.925	0,7%	341.024	1,0%	3,2%
alle Beschäftigte ohne IT-Wirtschaft	33.789.528	187.833	0,6%	110.922	0,3%	160.112	0,5%	162.901	0,5%	1,8%
Energieversorgung (WZ 35)	280.290	2.804	1,0%	1.747	0,6%	4.300	1,5%	1.604	0,6%	3,7%
Elektrizitätsversorgung (WZ 351)	241.218	2.498	1,0%	1.638	0,7%	3.780	1,6%	1.555	0,6%	3,9%
Gasversorgung (WZ 352)	26.331	222	0,8%	94	0,4%	355	1,3%	36	0,1%	2,7%
Wärme- und Kälteversorgung (WZ 353)	12.741	84	0,7%	15	0,1%	165	1,3%	13	0,1%	2,2%
Baden-Württemberg										
insgesamt	4.925.299	60.080	1,2%	42.924	0,9%	32.772	0,7%	60.171	1,2%	4,0%
alle Beschäftigte ohne IT-Wirtschaft	4.757.754	27.022	0,6%	20.773	0,4%	24.354	0,5%	33.639	0,7%	2,2%
Energieversorgung (WZ 35)	35.675	432	1,2%	160	0,4%	384	1,1%	112	0,3%	3,0%
Elektrizitätsversorgung (WZ 351)	32.203	417	1,3%	152	0,5%	360	1,1%	109	0,3%	3,2%
Gasversorgung (WZ 352)	2.539	11	0,4%	5	0,2%	19	0,7%	-	0,0%	1,4%
Wärme- und Kälteversorgung (WZ 353)	933	4	0,4%	3	0,3%	5	0,5%	3	0,3%	1,6%

Anmerkung: Die IT-Wirtschaft besteht aus den Wirtschaftszweigen (WZ) „62 Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie“ und „63 Informationsdienstleistungen“.

Quelle: eigene Darstellung nach Bundesagentur für Arbeit 2024a und Bundesagentur für Arbeit 2024b

Dass Digitalisierung oft aufgrund fehlender interner Kompetenzen an Grenzen stößt, wird in vielen Unternehmen deutlich bei der Einführung großer Softwarelösungen für Enterprise Resource Planning (ERP) – gerade auch im Bereich der Energiewirtschaft. So dokumentiert PwC (2020) den Fall eines Energieversorgers, dessen ERP-Einführung sich aufgrund fehlender SAP-S/4HANA-Expertise um 18 Monate verzögerte und den ungeplanten Einsatz externer Berater:innen erforderte, um wichtige Anpassungen vorzunehmen. Nach den Ergebnissen der Analyse waren 70 Prozent der ERP-Projekte bei Energieversorgern mit Budgetüberschreitungen von mindestens 15 Prozent verbunden (PwC 2020).

Speziell bei kleinen Energieversorgungsunternehmen bestehen Engpässe an qualifizierten Beschäftigten, wie beim Rollout der intelligenten Messsysteme (iMSys, „Smart Meter“) erkennbar wird. Mit diesem technischen Kernelement der Digitalisierungsstrategie zur Umsetzung der Energiewende waren Ende 2024 erst sehr wenige Messstellen ausgerüstet.¹ Die Daten der Bundesnetzagentur zeigen, dass vor allem kleine Messstellenbetreiber (weniger als 30.000 Messstellen) durchschnittlich nur drei Prozent der Messstellen mit Smart Metern ausgestattet haben (Forschungsstelle für Energiewirtschaft 2025), was auf organisatorische Probleme und fehlendes Personal mit der erforderlichen Kompetenz schließen lässt.

Auch die Cyber-Sicherheit wird in den Interviews als Arbeitsfeld benannt, das im Energiesystem an Bedeutung gewinnt und unter dem Mangel von gut ausgebildetem Personal leidet. Analysen über den Stand der Digitalisierung in der Energiewirtschaft sehen in diesem Feld einen großen Bedarf an zusätzlichen Aktivitäten in der Aus- und Weiterbildung (CINES 2024, S. 36).

4.3.4 Wirkungen der Digitalisierung auf die Beschäftigung

Seit einer Studie von Frey/Osborne (2013) wird verstärkt diskutiert, welche Auswirkung die Digitalisierung auf das Volumen der menschlichen Arbeit hat. Nach Analysen für Deutschland über die Substituierbarkeit von Arbeitstätigkeiten ist insgesamt davon auszugehen, dass diese Auswirkungen auf das Gesamtniveau der Beschäftigung voraussichtlich nur ge-

1 Etwas über zwei Prozent aller bestehenden 53 Millionen Messstellen und nur knapp 14 Prozent von den 4,6 Millionen Messstellen, bei denen die Messstellenbetreiber seit 2024 zum Einbau von Smart Metern verpflichtet sind (Bundesnetzagentur 2024b). Nach den Vorgaben des Messstellenbetriebsgesetzes müssen von den Pflichteinbaufällen 20 Prozent bis Ende 2025 und 90 Prozent bis Ende 2032 ausgestattet sein.

ring sind, weil in etwa so viele Arbeitsplätze auf- wie abgebaut werden. Dies würde nach einer Szenariorechnung aus dem Jahr 2018 auch dann gelten, wenn die Arbeitswelt bis 2035 vollständig digitalisiert, also alle technischen Potenziale voll ausgeschöpft würden (Helmrich et al. 2018).

Im Hinblick auf den Ausgleich zwischen Auf- und Abbau unterscheiden sich demnach auch die einzelnen Bundesländer kaum; allerdings würden in Baden-Württemberg aufgrund seiner Arbeitsplatz- und Berufsstruktur relativ am meisten Arbeitsplätze auf- und abgebaut. Ein stärkerer Aufbau im Vergleich zum bundesdeutschen Durchschnitt wäre u. a. für die Energieversorgung zu erwarten (Helmrich et al. 2018, S. 3).

Gleichwohl darf man die bei dieser Untersuchung zugrunde gelegte Substituierbarkeit bestimmter Tätigkeiten von Beschäftigten durch digitale Technologien nicht als Prognose in dem Sinne verstehen, dass Arbeitsplätze entfallen. Tatsächlich ändern sich in vielen Fällen „lediglich“ die Tätigkeiten innerhalb von Berufen und damit der Inhalt der Arbeit (Faißt et al. 2023, S. 30). In dieser Weise wurden die Auswirkungen der Digitalisierung auch in verschiedenen Experteninterviews für die vorliegende Studie eingeschätzt: Sie löst vor allem einen Bedarf an Qualifizierung für die Anwendung digitaler Arbeitsmittel und die Übernahme neuer Aufgaben aus.

Fertigungs- und fertigungstechnische Berufe sind von Veränderungen durch digitale Technologien am stärksten betroffen, insbesondere auf den Anforderungsniveaus Helfer:innen und Fachkraft. Durch die zunehmende Bedeutung von Künstlicher Intelligenz (KI), von der in den Interviews berichtet wurde, steigt das Potenzial zur Substituierung menschlicher Arbeit auf den Anforderungsniveaus von Expert:innen und Spezialist:innen und entsprechend in Berufen wie Unternehmensführung und -organisation, Handelsberufen, IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen, die für die Energiewende in großem Umfang benötigt werden (Grienberger/Matthes/Paulus 2024, S. 4)

Durch diese Entwicklung ist der Anteil der Beschäftigten, deren Tätigkeiten zu 70 bis 100 Prozent substituiert werden könnte, bundesweit im Zeitraum 2016 bis 2022 von 25 auf 38 Prozent gestiegen (Grienberger/Matthes/Paulus 2024, S. 7). Bezogen auf das Jahr 2019, lag der Anteil in Baden-Württemberg um 2,8 Prozentpunkte über dem bundesdeutschen Durchschnitt (Dengler/Matthes 2021, S. 7f.). Diese Entwicklung verdeutlicht den grundsätzlichen Anpassungsbedarf – also unabhängig von den Wirkungen der Energiewende –, der Beschäftigten durch die Digitalisierung, gerade auch in Baden-Württemberg.

Maßgeblich bestimmt werden die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeit auch durch die Qualität der konkreten Software, die zum Einsatz kommt. Für branchenspezifische Aufgaben handelt es sich oft um spezielle, maßgeschneiderte Lösungen. Insbesondere in den größeren

Unternehmen wie etwa Energieversorgungsunternehmen werden darüber hinaus Enterprise-Resource-Planning-Systeme angewendet; auf diesem Feld hat das baden-württembergische Unternehmen SAP auch in der Energiewirtschaft eine führende Marktposition (PwC 2024).

Oftmals ist allein die Implementierung einer Software bereits ein langer und intensiver Arbeitsprozess, der spezielle Kompetenzen erfordert, hohen Arbeitsaufwand mit sich bringt und in den viele Mitarbeiter:innen neben ihren üblichen Aufgaben im laufenden regulären Betrieb zusätzlich einbezogen werden. In diesem Zusammenhang sind oft Arbeitsprozesse neu zu gestalten und zu erlernen, damit sie zur angeschafften Software passen, und vor allem große Datenmengen aus einem alten in das neue System zu migrieren.

Insgesamt erscheint es auf der Basis der Interviews sehr fraglich, ob die Digitalisierung zu Produktivitätssteigerungen führt, die den Personalmangel in vielen Unternehmen mindern oder sogar aufheben könnten. Aus den Interviews ergibt sich eher das Bild, dass die Digitalisierung über die verschiedenen Ebenen des Energiesystems erstens bestimmte Funktionen und Prozesse ermöglicht, die erst den Ausbau der volatilen erneuerbaren Energien gestatten, und zweitens die Zunahme der Digitalisierung so viel zusätzliche Arbeitskapazitäten erfordert, dass dadurch die Effekte der Rationalisierung von Routinetätigkeiten an anderen Stellen wieder aufgehoben werden.

Im Hinblick auf Wirkungen der Digitalisierung auf die Qualität der Arbeit im Kontext der Energiewende ergibt sich aus den Interviews kein einheitliches Bild. Dies war schon wegen der Bandbreite der betrachteten Branchen nicht zu erwarten; und auch die allgemeine Forschung über die Wirkungen der Digitalisierung auf die menschliche Arbeit zeigt, dass die Vielzahl unterschiedlicher digitaler Technologien für die Realisierung sehr unterschiedlicher Geschäftsmodelle und Managementkonzepte genutzt werden können und damit wiederum sehr unterschiedliche Wirkungen auf die Arbeit damit verbunden sind (Kuhlmann 2023, S. 333).

In den Interviews wurde auf Effekte im Sinne einer Flexibilisierung der Arbeit in zeitlicher, örtlicher und organisatorischer Hinsicht genannt. Dies kann gerade auch in der Energiewirtschaft den Anforderungen sowohl von Kunden wie auch von Unternehmen entsprechen, ebenso aber auch den Bedürfnissen Beschäftigten, etwa durch eine bessere Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben (Roth 2018).

Erkennbar ist in den Interviews auch eine höhere Akzeptanz des mobilen Arbeitens, insbesondere nach der Corona-Pandemie. Wobei diese laut Interviewaussagen Beschäftigten aus administrativen Unternehmensbereichen scheinbar häufiger gestattet wird als Beschäftigten aus dem gewerblichen Bereich, selbst wenn diese vor allem am Schreibtisch

arbeiten. Mit mobilem Arbeiten kann aber auch eine Herauslösung von Beschäftigten auf dem sozialen Kontext von Belegschaften und das Gefühl von Vereinzelung verbunden sein.

Mit der Flexibilisierung gehen allerdings auch Belastungen einher, etwa eine Ausweitung der Zeiten, in denen Beschäftigte erreichbar sind, und damit eine Entgrenzung zwischen Arbeits- und Freizeit. Wo Arbeiten mit zunehmender Softwareunterstützung ausgeführt werden, kommt es außerdem häufig zu vorgegebenen, mit der Software implementierten Workflows, die weniger Raum für Eigeninitiative und Kreativität der Beschäftigten lassen. Dies kann als Einschränkung und Entwertung der eigenen Kompetenz empfunden werden, möglicherweise aber auch als Unterstützung und Arbeitserleichterung. Zu weiteren Aspekten von Belastung durch Digitalisierung siehe Kapitel 4.7.

Übereinstimmung herrscht Fall im Hinblick auf den besonderen Bedarf an Qualifizierung, der im Zuge der Energiewende insbesondere durch die Digitalisierung ausgelöst wird. Dies umfasst in der Breite der Belegschaften die Bedienung der oben angesprochenen digitalen Arbeitsmittel, das Verständnis für die digitalen Funktionen der Produkte, eine ausreichende Awareness für Cyber-Sicherheit und in vielen Fällen auch die Auswertung von Datenbeständen, z. B. für die vorausschauende Wartung.

Für Mitarbeiter:innen mit einer Zuständigkeit für IT-Systeme kommt Wissen über technologische Optionen der Digitalisierung, das Antrainieren von KI-Systemen und Chatbots, die Anpassung und Implementierung von extern eingekaufter Software sowie die Entwicklung eigener Software-Lösungen als wichtige Kompetenzanforderungen hinzu.

4.4 Anforderungen an prozessuale Kompetenzen

Die vorangehend aufgezeigten Veränderungen technologischer, struktureller und digitaler Art, die mit der Realisierung der Energiewende einhergehen, erfordern von den Beschäftigten weitreichende prozessuale Kompetenzen.² Die Unternehmen müssen zudem dem hohen Bedarf an Fachkräften mit einem kompetenten Personalmanagement begegnen.

2 In Abgrenzung zur Future-Skills-Studie der AgenturQ, in der in diesem Kompetenzcluster mit Blick auf Corona und den Ukraine-Krieg vor allem Lieferketten im Fokus sind (Baron et al. 2024), sind hier vor allem Schnittstellen im Sinne von Projektmanagement angesprochen. Zu einer Einteilung, in der ebenfalls betriebliches Prozesswissen und Schnittstellenkompetenz als eigene Cluster (als „Handlungskompetenzen für die Energiewende in einer digitalen Arbeitswelt“) aufgenommen wird, vgl. Ernst (2018).

Die oben beschriebene Ausdifferenzierung einer zunehmenden Zahl von stark spezialisierten Unternehmen, die spezifische Technologien und Leistungen anbieten, führt tendenziell zu einem höheren Bedarf an Planung und Koordination im Zuge von Projekten oder Baumaßnahmen. Gleichzeitig erhöht sich mit der Digitalisierung das Potenzial zur kurzfristigen Planung und Koordination sowie zur generellen Weiterentwicklung von Prozessen in die Richtung einer Strukturierung, und zwar in allen Bereichen der Arbeit.

Ob es um die Koordination der verschiedenen Gewerke bei Baumaßnahmen, um die gleichzeitige Errichtung diverser dezentraler EE-Anlagen, um das Management und die Steuerung verschiedener Stromerzeugungsanlagen zu einem Gesamtsystem oder um das Denken in spezifischen Kundenlösungen im Vertrieb – stets müssen Beschäftigte dabei neben technischem, regulatorischem und digitalem Know-how auch die Fähigkeit und das Wissen, wie komplexen Prozesse mit ihren unterschiedlichen Schnittstellen systematisch und zielgerichtet gestaltet werden können, einbringen.

In den Expertengesprächen wurden folgende prozessuale Kompetenzen für eine erfolgreiche Bewältigung der Energiewende als besonders relevant herausgestellt:

- Koordination von Baumaßnahmen und Gewerken
- Projektmanagement
- Systemmanagement
- Vertrieb und Kundenmanagement
- Personalmanagement
- Unternehmenskommunikation

4.4.1 Koordination von Baumaßnahmen und Gewerken

Die Probleme der Koordination von unterschiedlichen Beteiligten an Bauprojekten ist in Deutschland aufgrund der kosten- und zeittreibenden Auswirkungen seit Jahren Gegenstand von Analysen. Verbesserungsvorschläge zielen auf die Prozesse der Bauausführung und umfassen z. B. eine geeignete Vertragsgestaltung oder Digitalisierung, um die Arbeitseffizienz am Bau durch Kostenverantwortung und bessere Verfügbarkeit von Informationen zu steigern. Ein Pilotprojekt des Umweltministeriums Baden-Württemberg hat im April 2025 die Potenziale zur Beschleunigung von energetischen Altbausanierungen eindrucksvoll belegt, indem ein ganzes Haus in nur 21 Tagen modernisiert wurde (vgl. SWR 2025a).

Auch Klimaneutralität von Gebäuden ist nur durch ein koordiniertes Zusammenspiel von Bauweise und Gebäude- und Versorgungstechnik mög-

lich. Dabei müssen Gebäudehülle, Gebäudetechnik und die Nutzung erneuerbarer Energien von den jeweiligen Expert:innen als System zusammen gedacht werden. Sowohl für den Neubau als auch bei energetischen Sanierungen bestehender Gebäude und den Blick auf das Gebäude als ein solches System aus der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik werden die Schnittstellen zwischen den Gewerken wichtiger, je energieeffizienter das Gebäude wird.

So müssen z. B. bei der Wärmepumpeninstallation die Ertüchtigung der Gebäudehülle berücksichtigt, bei der Elektroinstallation Besonderheiten der Gebäudehülle beachtet und die gesamte Haustechnik mittels Elektronik vernetzt werden. Gewerkeübergreifende Kompetenzen und die Fähigkeit zur Koordination der Gewerke werden somit zu einer zentralen Anforderung an die Beschäftigten.

Die zunehmende Elektrifizierung der Wärmeerzeugung mittels einer Wärmepumpe kann hier als Beispiel genannt werden, denn sie erfordert ihre Integration in das gesamte Gebäudesystem. Damit gewinnen gewerkeübergreifende Kenntnisse im SHK-Handwerk mit dem Ziel der Integration der Wärmeerzeugung in ein gesamtes Gebäudesystem mit PV-Anlage, Speichermöglichkeiten, Wallbox und Smart Meter an Bedeutung.

Die Anforderungen an die Anlagenmechaniker:innen für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik steigen insbesondere an der Schnittstelle zu Elektroarbeiten, Tiefbauarbeiten und anderen Gewerken wie Dachdecker:innen und Klempner:innen, die die Installation von PV-Anlagen übernehmen. Egal, ob die erforderlichen elektrischen/elektronischen Kompetenzen von den Betrieben selbst aufgebaut und vorgehalten oder durch Kooperationen mit Elektrohandwerkern zugekauft werden – eine zielorientierte Gesamtkoordination der unterschiedlich spezialisierten Beschäftigten ist auf jeden Fall erforderlich.

Welche Fortschritte durch Koordination und gewerkeübergreifendes Arbeiten und die dafür notwendigen prozessualen Kompetenzen im Bau gewerbe möglich sind, zeigt die erfolgreiche energetische Sanierung einer Doppelhaushälfte in nur 21 Tagen. Im Zuge des Programms „Zukunft Altbau“ des Umweltministeriums wurde das auf Prozessoptimierung basierende Konzept des Sanierungssprints umgesetzt: Die Gewerke arbeiten parallel und verzahnt, ein Sanierungscoach koordiniert die Gewerke und dokumentiert den Baufortschritt (KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg 2025).

4.4.2 Projektmanagement

Um vielfältige, dynamische Geschäftsprozesse sicher zu stellen, werden veränderte Arbeitsformen in Projekten und auch agile Formen des Arbeitens zunehmend wichtiger. Dieser heute allgemein zu beobachtende Trend gilt aufgrund der vielfältigen Akteure, der unterschiedlichen neuen und sich weiterentwickelnden Technologien und der dezentralen Strukturen in Verbindung mit der Umsetzung der Energiewende ganz besonders und ist nicht nur in großen Konzernen zu beobachten, sondern zunehmend auch in kleinen und mittleren Unternehmen.

Projekte bei Energieversorgern zeichnen sich neben dem Investitionsumfang und Zeithorizont dadurch aus, dass sie über einzelne Unternehmen hinausgehen und große Veränderungen in einer strukturell und kulturell historisch sehr gefestigten Branche realisieren müssen. Um bisher eingebügte Prozesse zu verändern, in internationalen Teams zusammenzuarbeiten und auf Veränderungen schnell und zuverlässig reagieren zu können, stellen Unternehmen ihre Arbeitsform von straff hierarchisch durchorganisiert hin zu Agilität um.

In der Praxis ist hierzu allerdings mehr nötig als die Definition neuer Arbeitsprozesse und Zuständigkeiten; erforderlich ist vielmehr ein Kulturwechsel. Dieser kann jedoch nur gelingen, wenn die Beschäftigten auch auf nachgelagerten Ebenen über prozessuale Kompetenzen verfügen.

Die oben beschriebene Spezialisierung auf die vielfältigen eingesetzten neuen Technologien in Verbindung mit dezentralen Anlagen führt dazu, dass einzelne Fachleute für ihren gesamten Tätigkeitsbereich vor Ort allein verantwortlich sind und komplexe Aufgaben selbstständig bewältigen müssen. Das gilt ebenso für die Planung und Projektierung zeitgleich zu erbauender kleinerer Anlagen wie für deren Betrieb, Wartung und Instandhaltung. Um auf die dynamischen Entwicklungen und die Transformation schneller und flexibler reagieren zu können, sind zudem Abstimmungen im Team aus verschiedenen Fachexperten notwendig; sie ersetzen immer häufiger „Anordnungen“ von oben.

Auch in kleinen und mittleren Unternehmen müssen die Beschäftigten zunehmend eigenständig arbeiten, wobei sie über Projekte in ein Team mit Techniker:innen und Ingenieur:innen eingebunden sind. Für die durch die Energiewende sehr viel komplexer werdende Beratung sowie Planung und Koordination der Baustellen wurde in einem der befragten Handwerksunternehmen die Ebene der Projektleitung neu eingezogen. Über die Arbeit in Projekten sollen die Beschäftigten dazu befähigt werden, die Vorbereitung und Planung von Aufgaben als Prozess selbst zu übernehmen.

In den Interviews wurde hervorgehoben, dass für die Arbeit in agilen Projekten und mit höherer Selbstständigkeit vermehrt Projektmanagement angewendet werden muss: Beschäftigte müssen in die Lage versetzt werden, die eigene Arbeit zu organisieren, Probleme zu lösen und flexibel zu handeln. Damit sind neben inhaltlich-fachlichen und digitalen Kompetenzen auch Projektmanagementmethoden wie Projektplanung, Erstellung von Projekt- und Zeitplänen, Budgetmanagement, Beherrschung von Projektsoftware, aber auch von Konfliktlösungsmethoden und Verhandlungsstrategien von entscheidender Bedeutung für Unternehmen in der Transformation.

Die Bedeutung von Projektmanagement für Beschäftigte, die durch ihre Aufgaben einen Bezug zur Erzeugung oder Nutzung von Energie aus regenerativen Quellen haben, liegt laut Erwerbstätigenbefragungen durch das Bundesinstitut für Berufsbildung und die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin bei 30 Prozent und damit deutlich höher als im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt (17 Prozent, Monsef/Wendland 2022, S. 13).

4.4.3 Systemmanagement

Von zentraler Bedeutung für die Versorgungssicherheit ist das Ausbalancieren von Stromangebot und -nachfrage. Große Herausforderungen stellen dabei die Volatilität der Erzeugung und die ungleiche regionale Verteilung dar. Die Volatilität und ihre Beherrschung werden für Stromerzeuger und Stromverteiler immer wichtiger. Damit rücken Kompetenzen zur Sicherstellung der zentralen Geschäftsprozesse von der Installation und dem Anschluss von Stromerzeugungsanlagen, über die Stromverteilung und -umwandlung bis hin zur Kundenbelieferung mit Strom in den Mittelpunkt der Betrachtung.

Systemisches Verständnis und Schnittstellenkompetenzen sind erforderlich, um neue Technologien in Energiesysteme zu integrieren und deren Elemente miteinander zu vernetzen. Während viele einzelne Technologien bereits verfügbar sind und hinsichtlich Installation, Betrieb und Wartung beherrscht werden, stellt ihre Integration in ein sektorübergreifendes Gesamtenergiesystem mit Verknüpfungen der Wärme-, Strom- und Mobilitätssektoren eine große Herausforderung dar. In der nächsten Phase der Energiewende müssen solche integrierenden Energiesysteme ganzheitlich betrachtet werden, und zwar auf unterschiedlichen Ebenen von einzelnen Gebäuden bis hin zu Regionen.

In den Experteninterviews wurde darauf hingewiesen, dass Beschäftigte mit entsprechenden prozessualen Kompetenzen hierzu eine zentrale

Voraussetzung sind. Für den sicheren und zuverlässigen Betrieb des zukünftigen Energieversorgungsnetzes werden verstärkt interdisziplinär ausgebildete Fachkräfte und Expert:innen benötigt, die sowohl technische Kenntnisse zu zentralen Strukturen (Übertragungsnetze, Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung, weiträumige/langfristige Flexibilität etc.) als auch dezentralen Strukturen (Eigenbedarf, Verbrauchsoptimierung, Regelung vieler Player) haben und darüber hinaus Verständnis darüber, wie die Strukturtypen zusammenspielen.

Demnach müssen Fachkräfte zukünftig verstärkt interdisziplinär und an den Schnittstellen agieren und hierzu Kompetenzen erwerben. Netzexpert:innen benötigen beispielsweise Kenntnisse über die Technologien zur Vorhersage von Wetterbedingungen, die effiziente Speicherung von Energieüberschüssen und die Anpassung und Steuerung der Netzinfrastruktur, um den variablen Energiebedarf zu bewältigen (Lastenmanagement). Darüber hinaus spielen intelligente Stromnetze (Smart Grids) eine wichtige Rolle bei der Netzintegration, da sie die Kommunikation zwischen den verschiedenen Komponenten des Stromnetzes ermöglichen und die Steuerung und Überwachung der Energieflüsse verbessern.

4.4.4 Vertrieb und Kundenmanagement

Bei Unternehmen in der Transformation ihrer Produkte muss der Vertrieb der neuen Produkte neu erlernt werden. Dabei reichen die technischen Produktkenntnisse allein nicht mehr aus. Eine Mischung aus Produkt- und Marktkenntnis in Verbindung mit guter Kommunikation und lösungsorientierter Beratung gehören dazu. Hinzu kommt, dass Vertriebler Wissen über die neuen Techniken und die Bedingungen ihrer Anwendung kennen müssen. Dazu zählt auch das Wissen über rechtliche Rahmenbedingungen und Anforderungen für das Produkt wie z. B. die Anmeldung von Stromerzeugungsanlagen, seine Fördermöglichkeiten und gegeben falls auch Genehmigungsverfahren.

Aufgrund der zunehmenden technologischen Vielfalt und der steigenden Komplexität möglicher Lösungen steigt der Beratungsbedarf und -aufwand sowohl hinsichtlich technischer und rechtlicher als auch hinsichtlich wirtschaftlicher Aspekte (Investitionen im Verhältnis zu Kosten einsparungen angesichts dynamischer Tarife). Der „Verkauf“ einer Lösung wird so zu einem komplexen Prozess.

Durch die dezentralen Energiegewinnungsstrukturen werden Kunden oftmals zugleich zu Stromerzeugern, sogenannten Prosumern. Neben dem reinen Vertrieb von Produkten muss das Thema „Energiewende at Home“ besetzt werden, indem Kunden spezifische Lösungen angeboten

werden, um die Energiewende zu Hause zur Umsetzung zu bringen. Da die Kunden aber sehr heterogen hinsichtlich ihrer Bedürfnisse, ihrer Professionalität, ihres Fachwissens und ihrer Kultur sind, erfordert dies für die Planung, Beratung und Installation von energietechnischen Anlagen ein hohes Maß an Flexibilität seitens der Beschäftigten im Vertrieb.

Auch in der Gebäudetechnik hat sich mit der Installation von Wärmepumpen der Zeitaufwand für Planung und Beratung massiv erhöht. Der Einbau einer Wärmepumpe kann nicht isoliert betrachtet werden, sondern ist Teil eines in der Regel neu zu planenden kompletten Energiesystems des Gebäudes (von der Lieferung der Wärmepumpe, Installation der Photovoltaikanlage, intelligente Vernetzung bis hin zur Wallbox, Smartmeters) oder die Installation der Wärmepumpe muss auf bestehende Systeme abgestimmt werden.

Die Beratungs- und Planungsleistungen werden in der Regel im Auftragsvorlauf erbracht, also bevor es zu einer Angebotserstellung kommt. Unternehmen haben bereits neue Modelle der Angebotsabgabe entwickelt: Ein Unternehmen erbringt die Beratungs- und Planungsleistungen gegen ein Entgelt, ein anderes Unternehmen hat ein Portal aufgebaut, wo der Kunden erst einmal Informationen liefern muss, damit das Unternehmen eine Grundlage für die Entscheidung hat, ob der Auftrag erteilt wird oder nicht. Der Prozess der Auftragsanbahnung wird so mit neuen Methoden gemanagt.

Um den Kunden nicht einzelne Produkte, sondern komplettete Lösungen in einem sich – regulatorisch und technologisch – dynamisch entwickelnden Bereich anbieten zu können, ist es notwendig, schnell neues Wissen zu erschließen. Netzwerke, Kommunikation und Kooperation gewinnen an Relevanz. Dies betrifft sowohl die unternehmensinterne Zusammenarbeit als auch das veränderte Verhältnis zu Kunden und die Notwendigkeit zur Kollaboration mit anderen Unternehmen. Kundenberatungen und Aufträge werden so zu jeweils eigenen Projekten, die von den jeweiligen Beschäftigten zu „managen“ sind.

Entsprechend groß sind die Anforderungen an die Problemlösungsfähigkeiten der Beschäftigten im Bereich Projektierung, Planung und Anlagenbetrieb. Dies betrifft insbesondere Mitarbeitende, die im direkten Kundenkontakt stehen und mit deren unterschiedlichen Vorkenntnissen, Wünschen und Ansprüchen professionell umgehen können müssen.

Denn aufgrund der im Durchschnitt geringeren Professionalität von Akteuren einerseits und des aufgrund veränderter Technologien und deren Anpassung an Kundenbedarfe andererseits entsteht ein größerer Beratungsbedarf, der neben fachlicher Kompetenz die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge verständlich zu kommunizieren, erfordert.

Prozessuale Kompetenzen wie Konfliktmanagement und Problemlösungsorientierung werden nicht nur im direkten Vertrieb, sondern aufgrund der dezentralen Strukturen für viele Beschäftigtengruppen immer wichtiger, weil mehr Mitarbeiter:innen im direkten Kontakt stehen mit Kunden oder in vielfältigen anderen Kontexten (z. B. beim Netzausbau auf der Straße mit den Anwohnern, bei Störungen mit dem Stromkunden) und sowohl deren Informationsbedarfe bedienen als auch lernen müssen, mit Kundenbeschwerden professionell umzugehen.

4.4.5 Personalmanagement

Die vielerorts durch die Energiewende anstehenden betrieblichen Veränderungen führen ebenso wie der hohe Bedarf an qualifizierten Beschäftigten (bei drohendem oder sogar schon bestehendem Fachkräftemangel) zu einer zunehmenden strategischen Bedeutung des Personalmanagements in Unternehmen. In den geführten Gesprächen gaben viele Interviewpartner an, ihre Kapazitäten in diesem Bereich in den letzten Jahren professionalisiert und ausgebaut zu haben.

Dabei werden angesichts der Entwicklungen in Unternehmen neue Anforderungen an das Personalmanagement gestellt: Einerseits muss es als organisatorischer Treiber von Veränderungen agieren, andererseits benötigt es selbst Veränderungen (von Verwaltern zu Gestaltern), um diese Rolle erfolgreich ausfüllen zu können.

Die Anwerbung von Fachkräften auf einem stark „umkämpften“ Arbeitsmarkt erfordert von den Beschäftigten im Personalmanagement kreative Strategien und Lösungswege, die Gestaltung von Veränderungsprozessen, hohe Motivationskraft. Der hohe Qualifizierungsbedarf verlangt nach zukunftsorientierter Personalentwicklung. Personalmanagement wird somit zu einem kritischen Erfolgsfaktor in Unternehmen und setzt umsichtiges prozessuales Denken, Planen und Handeln voraus:

- Die bisher vor allem quantitative Personalplanung entwickelt sich mehr und mehr zu einer qualitativen Personalplanung. Dabei werden Stellen mit neuen Berufsbildern oder neuen Qualifikationen (Meister, Techniker oder Ingenieure) besetzt.
- Zur Personalgewinnung werden neue Methoden des Recruitings entwickelt, um die zukünftig anstehenden Aufgaben bewältigen zu können. Dies erfordert den versierten Umgang mit neuen Technologien, Plattformen sowie Kompetenzen im Umgang mit Daten im Recruiting-Prozess.

- Beschäftigte und Teams werden zunehmend divers und internationaler. Es ist Aufgabe des Personalmanagements, dieses interkulturelle Miteinander durch passende Maßnahmen zur fördern.
- Es geht darum Veränderungsprozesse im Unternehmen mithilfe von Beteiligung und Personalentwicklungsmaßnahmen erfolgreich zu begleiten und zu ermöglichen.
- Strategien zum Demografie-Management und zur Sicherung des Wissens ausscheidender Mitarbeiter:innen sind zu entwickeln und umzusetzen.
- Für die Ermittlung von Qualifizierungsbedarfen, das Kümmern um Weiterbildung im Unternehmen, die Gewinnung von Mitarbeitenden sowie zunehmend auch die Etablierung einer Feedback-Kultur im Unternehmen braucht es prozessuale Kompetenz – aber auch Kreativität und Einfühlungsvermögen und damit persönliche, überfachliche Kompetenzen (siehe Kapitel 4.5).

4.4.6 Unternehmenskommunikation

Vor dem Hintergrund der Energiewende ist die Unternehmenskommunikation für Energieversorger nicht nur ein wichtiges Mittel zur Gewinnung von Kunden und qualifizierten Mitarbeitenden, sondern auch von strategischer Bedeutung für das Gelingen der geplanten Transformation.

Zum einen birgt eine Ausrichtung der Strategie auf Beiträge zur Energiewende für Unternehmen die Chance eines hohen Überzeugungs- und Identifikationspotenzials für entsprechend sensible Kundengruppen, mobilisiert vielfach intrinsische Motivation bei (insbesondere jüngeren) Beschäftigten und erhöht die Attraktivität als Arbeitgeber bei zahlreichen engagierten Fachkräften. Daher werden solche Ausrichtungen entsprechend breit kommuniziert.

Anforderungen an die Kommunikationsfähigkeit steigen trotz aller positiver Konnotationen des Themas Nachhaltigkeit auch aufgrund des teilweise erheblichen Widerstandes, auf den viele Projekte zum Ausbau der Gewinnung von erneuerbaren Energien oder zum Netzausbau in der Bevölkerung vielerorts treffen. Unternehmen begegnen diesem Widerstand mit passenden Kommunikations- und Dialogstrategien und treten in den Austausch mit Anwohner:innen, Interessenverbänden und Politiker:innen. Aufgrund der strategischen Bedeutung der öffentlichen Kommunikation erfordert sie eine professionelle Gestaltung und stellt eine wichtige Herausforderung an die Kompetenzen der Beschäftigten.

4.5 Anforderungen an überfachliche Kompetenzen

Um in einer zunehmend komplexen, unsicheren und sich permanent verändernden Arbeitswelt zurecht zu kommen, werden überfachliche Kompetenzen immer wichtiger. Durch die Energiewende bedingte Transformationsprozesse verstärken diesen Trend. Auch in den Experteninterviews haben Gesprächspartner:innen darauf hingewiesen: Da agiles Arbeiten in der VUCA-Welt ständig verändertes Fachwissen erfordere und die persönliche Fähigkeit, mit solchen Veränderungen umzugehen, viel wichtiger sei als die passende Fachausbildung, sollten die persönlichen, überfachlichen Kompetenzen bei Entscheidungen über Einstellung von Bewerber:innen zukünftig eine größere Rolle spielen.

Vor dem Hintergrund der Entwicklungen hin zu dezentraleren und komplexeren Energiesystemen, vielfältigen technologischen und regulatorischen Neuerungen und Diversifizierungen, zunehmender Spezialisierung und Digitalisierung sowie Projektarbeit mit unterschiedlichen Akteuren werden die eigenen überfachlichen Kompetenzen der Beschäftigten notwendige Voraussetzung zur Bewältigung der anstehenden Aufgaben und damit zu einem wesentlichen Erfolgsfaktor des gesamten Betriebes.

Eigeninitiative, Flexibilität und Veränderungsbereitschaft, Zielorientierung, innovatives und systemisches Denken, Kommunikationsfähigkeit, Kollaboration und emotionale Intelligenz, Kundenorientierung, Organisations- und Problemlösungsfähigkeit sind hier ebenso zu nennen wie Sprachkenntnisse und Resilienz.

In den Interviewaussagen über Kompetenzen, für die eine steigende Bedeutung erwartet wird, haben vor allem **kommunikative Fähigkeiten** – häufig in Verbindung mit **sozialen Kompetenzen** – eine bedeutende Rolle gespielt. Der wachsende Bedarf an Kundenberatung durch die vielfältigeren Angebote, über die Kunden Entscheidungen treffen müssen, sind hierfür ein maßgeblicher Treiber. Interviewpartner berichten darüber, dass es seitens der Kunden seit dem Ausbruch der Corona-Pandemie und der Energiepreiskrise 2022 in der Kommunikation häufiger zu Beschwerden und Aggression komme, die von Mitarbeiter:innen aufgefangen werden müssten.

Gleichzeitig steigt im Rahmen der Spezialisierung und Projektorientierung (siehe oben) die Notwendigkeit der Zusammenarbeit mit unterschiedlichsten Akteuren. Neben inhaltlich-fachlicher und prozessualer Kompetenz sind dafür kommunikative Kompetenzen wie z.B. eine verständliche Ausdruckweise und die Fähigkeit, komplexe Sachverhalte nachvollziehbar zu erklären – und zwar im Gespräch mit ganz unter-

schiedlichen Kunden, die z.B. ein unterschiedliches technisches Verständnis aufweisen.

Im direkten Kundenkontakt sind Überzeugungsvermögen und ggf. Konfliktfähigkeit wichtig, z.B. im Störfall. Unternehmen berichten, dass Empathie als „zwischenmenschliche Komponente“ bedeutsam ist und auch als Auswahlkriterium bei Einstellungen eine Rolle spielt. Eine zunehmende Störanfälligkeit der komplexen Systeme aus neuen Technologien führt dazu, dass sich Mitarbeiter:innen vor Ort ggf. mit unzufriedenen Kunden auseinandersetzen, dem Druck standhalten und mit entsprechender sozialer Kompetenz reagieren müssen. Auch das ist Inhalt und Thema von Qualifizierungsmaßnahmen und Schulungen.

Durch die höhere **Kundenorientierung** und die zunehmende Arbeit in agilen Projekten, die steigende Dezentralisierung und fachliche Spezialisierung sind die Beschäftigten immer mehr gefordert, selbstständig und proaktiv zu handeln. Viele Situationen sind nicht vorhersehbar und entstehen in dynamischen Kontexten neu, sodass **innovatives Denken, kreatives Problemlösen** und **Eigeninitiative** notwendig sind, um Entscheidungen zu treffen und die übertragenen Aufgaben bewältigen zu können. Dabei erfahren Eigeninitiative und Gestaltungsmöglichkeiten jedoch auch Grenzen durch die Anforderungen des Kunden, Sicherheitsvorschriften und gesetzliche Regelungen im Energiebereich.

Die veränderte Arbeitsorganisation in die Richtung von Projektarbeit, die zunehmende Orientierung an individuellen Kundenwünschen und die Veränderung von geforderten Kompetenzen für neue Aufgabenbereiche erfordern mehr **Flexibilität** von den Beschäftigten, Dabei wird Flexibilität verstanden als die Fähigkeit sich schnell neuen Situationen anzupassen und entsprechen zu reagieren.

Gleichzeitig stellen die Projektarbeit und die Notwendigkeit zu Kollaboration mit Kunden, Partnerunternehmen und Genehmigungsbehörden hohe Anforderungen an das **Verantwortungsbewusstsein** – also an die Fähigkeit andere Gruppen und Organisationen wichtig zu nehmen und die eigenen Interessen ggf. unterzuordnen. Damit verbunden ist auch die Übernahme von Verantwortung für das eigene Handeln und die selbst getroffenen Entscheidungen. Bei Wartungen und Reparaturen treffen z.B. Monteure im Netzbetrieb eigene Entscheidungen vor Ort, da sie alle notwendigen Informationen über die Cloud auf dem Tablet verfügbar haben.

Um neue Technologien in bestehende Energiesysteme einzubringen und die Elemente dann miteinander zu vernetzen, ist **systemisches Denken** und ein ganzheitliches Verständnis dieser Systeme notwendig. Damit verbunden ist die Fähigkeit alle Akteure und Handlungen im Rahmen eines solchen komplexen System, das aus verschiedenen, interdependent

miteinander verknüpften Variablen besteht, zu sehen und zu berücksichtigen.

Die Entwicklung von **sprachlichen Kompetenzen** wurde als weiteres Anforderungsfeld benannt. Vor allem vor dem Hintergrund des internationalen Recruitings gewinnt einerseits der Erwerb von Deutschkenntnissen an Bedeutung, andererseits aber auch die Kompetenzentwicklung im Umgang mit Menschen, die in anderen Unternehmenskulturen und -sprachen arbeiten bzw. gearbeitet haben. Hier wurde in Interviews auch auf Verbesserungsbedarf hingewiesen, da in Belegschaften die Bereitschaft zur Nutzung der englischen Sprache gering ausgeprägt sei, was die Integration englischsprachiger ausländischer Fachkräfte erschwere.

In den Interviews wurde auf zusätzliche Belastungen z.B. durch das Arbeiten in Projekten, die zunehmende Themenvielfalt und den gewünschten Wissenszubau hingewiesen. Insbesondere Betriebsräte bemerkten, dass nicht jede/r Beschäftigte mit den oft als positiv beschriebenen „größeren Gestaltungsmöglichkeiten“ gut klarkommt. Die zunehmenden Belastungen erfordern eine Kompetenzerweiterung in Richtung **Resilienz** – also die Fähigkeit, schwierige Situationen oder Belastungen ohne dauerhafte Beeinträchtigungen zu überstehen. Resilienz hat Grenzen und zur Vermeidung von dauerhaften Beeinträchtigungen sind auch organisatorische Lösungen erforderlich.

4.6 Gleichstellung

Eine Wirkung der Energiewende auf die berufliche Gleichstellung von Frauen und Männern ist aus den geführten Experteninterviews nicht zu erkennen. Allerdings wurde in vielen Fällen auf einen (leicht) steigenden Frauenanteil an den im Unternehmen Beschäftigten hingewiesen. Diese Entwicklung führten die Interviewten aber eher auf allgemeine gesellschaftliche Trends wie der Stärkung der Rolle von Frauen in der Wirtschaft und der Arbeitsmarktsituation (Arbeitnehmermarkt) zurück. Dabei könnten die stärker geforderten kommunikativen und sozialen Kompetenzen dafürsprechen, dass Frauen für viele Tätigkeiten eine besonders hohe überfachliche Eignung aufweisen.

Mit Blick auf die für die Energiewende relevanten Berufsgruppe mit hohen Beschäftigungsständen und/oder einem voraussichtlich besonders starken Beschäftigungswachstum bis 2030 (siehe Kapitel 3), muss festgehalten werden, dass der Frauenanteil weit unter dem Anteil weiblicher Beschäftigter in der Gesamtwirtschaft liegt (vgl. Tabelle 9). Dabei unterscheidet sich Baden-Württemberg wenig vom gesamten Deutschland. Die technische Prägung dieser Branche und evtl. auch schwierigere Bedin-

gungen zur Vereinbarkeit von Familie und Beruf im Handwerk mit seinen durchschnittlich geringeren Betriebsgrößen sorgen dafür, dass Frauen sich seltener für diese Tätigkeiten entscheiden.

Tabelle 9: Anteil von Frauen in ausgewählten Berufsgruppen mit besonders hoher Relevanz für die Energiewende

Berufsgruppe	Alle Beschäftigten		Frauen		Anteil der Frauen	
	BW	D	BW	D	BW	D
Alle Berufsgruppen	4.925.299	34.837.102	2.243.532	16.176.455	45,6%	46,4%
242 Metallbearbeitung	133.005	592.637	20.976	73.527	15,8%	12,4%
251 Maschinenbau- und Betriebstechnik	258.581	1.277.803	35.676	151.858	13,8%	11,9%
262 Energietechnik	57.909	440.035	2.405	18.775	4,2%	4,3%
263 Elektrotechnik	90.498	513.091	20.751	88.262	22,9%	17,2%
271 Technische Forschung und Entwicklung	84.794	313.065	12.224	49.938	14,4%	16,0%
321 Hochbau	51.619	440.069	898	8.814	1,7%	2,0%
322 Tiefbau	17.901	167.218	500	4.420	2,8%	2,6%
331 Bodenverlegung	7.274	52.445	87	601	1,2%	1,1%
332 Mal- und Stuckaturarb., Bauwerksabdeckung, Bautenschutz	24.794	159.430	1.412	10.516	5,7%	6,6%
333 Aus-, Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rollladenbau	29.068	176.474	743	4.448	2,6%	2,5%
343 Ver- und Entsorgung	23.666	200.596	1.160	9.737	4,9%	4,9%

Quelle: eigene Darstellung nach Bundesagentur für Arbeit 2024b

Weil Fachkräftemangel besteht und die demographische Entwicklung diesen in Zukunft verschärft, erscheint der geringe Frauenanteil als besonders problematisch. Sollte diese Situation fortbestehen, müssen Unternehmen das erwartbare Stellenwachstum praktisch aus einem unter-

durchschnittlich großen Reservoir von überwiegend männlichen Erwerbspersonen bewältigen. Die Steigerung des Frauenanteils in den betreffenden Branchen damit für das Gelingen der Energiewende von großer Bedeutung. Dies gilt vor allem für die handwerklichen Bauberufe, die als Engpassberufe für die Energiewende gelten (siehe Kapitel 5) und eine geringe Erwerbsbeteiligung von Frauen aufweisen.

4.7 Wirkungen der Energiewende auf die Arbeitsbedingungen

Im Zuge der Interviews wurden eine Reihe von Fragen zu aktuellen Arbeitsbedingungen gestellt, die sich vor allem an den Kriterien des DGB Index Gute Arbeit (<https://index-gute-arbeit.dgb.de>) orientieren. Bei der Auswertung der Antworten sind im Vergleich zur Untersuchung von 2016, die ebenfalls an diesem Index angelehnt war zum Teil deutliche Unterschiede, aber auch Weiterentwicklungen festzustellen.

Die **Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten** der Beschäftigten verändern sich im Zuge der Umsetzung der Energiewende sowohl auf der individuellen wie auch auf der institutionellen Ebene. Die oben aufgezeigte Notwendigkeit eigenständigen Arbeitens in ausdifferenzierten, dezentralen Strukturen führt zu mehr Eigenverantwortung und Entscheidungsnotwendigkeiten seitens der Beschäftigten. Was 2016 bereits als Tendenz hin zu Arbeiten in arbeitsteiligen Projekten benannt wurde, wird heute in vielen Expertengesprächen als zentrale Entwicklung formuliert – und ist so weit fortgeschritten, dass es bereits als Belastungssituation benannt wird.

Auch beteiligungsorientierte Veränderungsprozesse und das betriebliche Vorschlagswesen bieten Beschäftigten neue Einflussmöglichkeiten. Unternehmen fordern und fördern sogar die aktive Mitgestaltung der Transformation durch Betriebsräte und Beschäftigten. Diese Entwicklung war bereits 2016 erkennbar, wird jetzt aber gezielt organisiert durch z. B. Arbeitsgruppen zum Thema Nachhaltigkeit oder die Bereitstellung von Innovationsräumen, in denen Beschäftigte ihre Ideen vorstellen und diskutieren lassen können. Inwieweit eingestellte Nachhaltigkeitsbeauftragte in Unternehmen diese Beteiligung fördern oder eher ersetzen, bleibt bislang unklar.

In Unternehmen, in denen die zunehmende Ausdifferenzierung und Dezentralisierung zu eigenständigen Arbeitsformen und einer Abflachung der Hierarchien führt, wird zugleich von verbesserten Aufstiegsmöglichkeiten gesprochen: Das mit der Energiewende einhergehende personelle Wachstum sowie die Neuorganisation von Unternehmen verbunden mit

der Schaffung neuer Aufgabenfelder und veränderten Qualifizierungsanforderungen ermöglichen vielfältige **Aufstiegschancen**. Durch Umstrukturierungen und veränderte Arbeitsweisen werden in Unternehmen neue Stellen wie z. B. Teamleitung oder Projektleitung und mitunter sogar komplett Abteilungen geschaffen und mit internen Mitarbeiter:innen besetzt.

Im Zuge der Transformation wird auch Erfahrungswissen verstärkt in Wert gesetzt und ein Aufstieg auch ohne formale Qualifikationen ermöglicht (spielt in der IT schon immer eine starke Rolle). Darüber hinaus bestehen auch jenseits von Unternehmensstrukturen Chancen, um z. B. über Spezialwissen Karriere zu machen.

Nahezu durchgehend wird mit Blick auf die Betriebskultur betont, dass Weiterbildungs- und Entwicklungsmöglichkeiten zur Bereitstellung der für die Transformation notwendigen Flexibilität aktiv gefördert werden (vgl. Kapitel 5). 2016 wurde demgegenüber häufiger die Strategie des „Zukaufs“ neuer Kompetenzen durch Neueinstellungen benannt.

Besonders deutlich wird der Zusammenhang zwischen der Umsetzung der Energiewende und einer veränderten Unternehmenskultur am Beispiel der Energieversorgungsunternehmen: Wurde vor zehn Jahren noch angesichts des beginnenden Ausbaus des EE-Bereichs von der Schwierigkeit berichtet, zwei so unterschiedliche Kulturen wie den konventionell geprägten Großkraftwerksbetrieb und die kreativen Dynamiker im EE-Bereich in einem Unternehmen zusammenzubringen, wird heute als Herausforderung benannt, alle Mitarbeitenden auf die neue kulturelle Ausrichtung des agilen Arbeitens umzugewöhnen.

Hinsichtlich der intrinsischen Motivation der Beschäftigten wird von vielen Unternehmen, deren Unternehmenshandeln im Kontext der Energiewende steht, beschrieben, dass die Mitarbeitenden eine hohe Sinnstiftung durch diese Ausrichtung erleben und sich sehr bewusst für eine Arbeitgeber in diesem Bereich entschieden haben. Nur in seltenen Fällen wird dieser Zusammenhang nicht gesehen – und dann zumeist als abhängig von einzelnen Beschäftigungsgruppen benannt.

Mit Blick auf die Belastungen der Beschäftigten sind vor dem Hintergrund der Energiewende differenzierte Entwicklungen beobachtbar. Während die **körperlichen Belastungen** über alle Sektoren hinweg eher gleichgeblieben oder dank moderner Hebehilfen sogar zurückgegangen sind, sind etwa die **mentalen Belastungen** z. T. stark gestiegen. Hierfür wurden in den Interviews unterschiedliche Treiber bzw. Ursachen genannt:

- Der **Zuwachs an Arbeit**, der durch die Energiewende auslöst wird, kann nicht so schnell über einen entsprechenden Personalaufbau kompensiert werden. Die öffentliche Förderung von Maßnahmen ist in der Regel an Fristen gebunden und führt vor deren Ablauf oft zu be-

sonders hohen Arbeitsbelastungen. Die Beschäftigten arbeiten dann unter Termindruck, der auch in anderen Studien bestätigt wird (Vgl. Monsef/Wendland 2022, S. 15). Beide Entwicklungen sind nicht neu, werden aber vor dem Hintergrund des drohenden Fachkräftemangels künftig noch an Bedeutung gewinnen.

- Auch die Implementierung der **Digitalisierung erfordert zunächst zusätzliche Ressourcen und spezielle Kompetenzen**. Sie bringt keine schnelle Arbeitsentlastung, sondern im Gegenteil finden Softwareumstellung und Kompetenzaufbau und parallel zu laufendem regulären Betrieb statt und müssen zusätzlich zu den normalen Aufgaben bewältigt werden – oder der Kompetenzaufbau muss gar durch learning-by-doing durch die Beschäftigten selbst geleistet werden, weil Schulungen nicht (rechtzeitig) angeboten wurden.
- Zunehmende Projektarbeit und Kundenorientierung erfordern z. T. eine Anpassung der **Arbeitszeiten**: So werden Beratungen zeitlich nach den Bedürfnissen der Kunden terminiert und erfordern hohe zeitliche Flexibilität seitens der Beschäftigten. Ebenso führen zunehmende Abstimmungsbesprechungen im Rahmen von Projektarbeit in den Kernarbeitszeiten oft zur Verlagerung der produktiven Tätigkeiten in die Randstunden. Mit der weiter zunehmenden Projektarbeit treten auch diese bereits 2016 benannten Effekte verstärkt auf.
- Die mit der Energiewende einhergehende Digitalisierung birgt die Gefahr von unbegrenzter Arbeitszeit, da die digitalen Tools jederzeit genutzt werden können, um Vorgänge zu erfassen, zu reagieren und oder auch zu initiieren. Die zahlreichen Schnittstellen mit der Notwendigkeit zur Zusammenarbeit stellen ebenso wie die permanente Unsicherheit in einem dynamischen, vernetzten Arbeitsumfeld auch aus **emotionaler Sicht** für manche Beschäftigte eine zunehmende Belastung dar.
- Die oben beschriebene Tendenz zu mehr **Eigenverantwortlichkeit** in der eigenen Tätigkeit kann für Beschäftigte auch zu einer emotionalen Belastung werden. Während diese Art der Belastung 2016 mit Blick auf die besondere Verantwortung für Versorgungssicherheit und Netzstabilität für den Bereich der Stromnetze formuliert wurde, tritt dieser Effekt inzwischen offenkundig breiter auf und wurde in den Interviews etwa auch im Hinblick auf die Wartung und Instandhaltung der dezentralen Anlagen durch die Monteure vor Ort benannt.
- Nicht nur dezentrale Strukturen, sondern auch die zunehmende fachliche **Spezialisierung** führt zu höherer Verantwortlichkeit, da Beschäftigte ihr Fachwissen in ihren Unternehmen evtl. exklusiv haben und die Möglichkeit zur kollegiale Beratung entsprechend fehlt.

- Auch **Weiterbildungsbedarfe** führen zu steigenden Belastungen. So lösen z. B. neue Dokumentationsvorgaben zusätzliche Aufgaben aus, erfordern die Anpassung auf veränderliche Rahmenbedingungen und führen stets aufs Neue zu der Herausforderung, sich immer wieder auf den aktuellen Stand fortzubilden.
- Durch die höhere Zahl dezentralen Energieanlagen nimmt vor allem bei den Beschäftigten der Energieversorger der **Reiseaufwand** zu. Ausgerüstet mit digitalen Geräten, auf denen Arbeitsaufträge eingehen und laufend aktualisiert werden, fahren Monteure zum Arbeitsbeginn nicht erst zum Unternehmensstandort, sondern direkt zum Einsatzort. Damit sinkt die Möglichkeit zum persönlichen Austausch, etwa über Arbeitserfahrungen.
- Der Anteil der Arbeitsstunden im **Homeoffice** ist laut der aktuellen Umfrage zwar seit Corona deutlich angestiegen, wird aber nicht mit der Energiewende in Verbindung gebracht (siehe Kapitel 4.3).
- Eine weitere Veränderung des Arbeitsortes durch die Energiewende ergibt sich durch eine steigende Zahl von Anlagen, die unter freiem Himmel installiert werden und die daher unter **Wettereinfluss** (also ggf. auch bei schlechtem Wetter) installiert, gewartet und repariert werden müssen. Dies gilt z. B. auch für Heizungssysteme in Gebäuden, weil Wärmepumpen nicht vollständig im trockenen Keller installiert werden.

Die Interviews zeigen, dass psychische Belastungen und daraus folgende Beeinträchtigungen inzwischen stärker im Fokus des Arbeits- und Gesundheitsschutzes stehen. Unternehmen legen verstärkten Wert auf mentale Gesundheit und bieten ihren Beschäftigten Unterstützung an, die von psychischer Gesunderhaltung (etwa in Zusammenarbeit mit externen Fachleuten) über Angebote zum Coaching und für Mediation bis hin zur professionellen psychologischen Beratung für Beschäftigten und ihre Familien reichen. In vielen Unternehmen sind auch Führungskräfte für das Thema sensibilisiert worden und sollen den Beeinträchtigungen mit Maßnahmen entgegentreten.

Die **Einkommens- und Arbeitsplatzsicherheit** für Beschäftigte der Energieversorger, Netzbetreiber sowie aus dem Bereich der erneuerbaren Energien wurde in den Gesprächen mit Unternehmensvertreter:innen als gut bewertet. Sie begreifen sich als Teil der Energiewende. Der Fachkräftemangel hat zu einer guten Bezahlung und zu gestiegenen betrieblichen Sozialleistungen geführt. Gleichzeitig geraten Unternehmen – insbesondere Industriebetriebe wie Energietechnikhersteller und energieintensive Produzenten – durch steigende Kosten und ausländische Wettbe-

werber unter Druck, sodass Belegschaften sich um Arbeitsplätze und Beschäftigung sorgen.

Eine soziologische Betrachtung zur **Digitalisierung** in der Energiewirtschaft zeigt, dass sich die Energiewirtschaft erst am Anfang der digitalen Transformation befindet (Roth 2018). Auch in den Gesprächen mit Vertreter:innen aus den Unternehmen wird deutlich, dass die Auswirkungen der Digitalisierung auf die zukünftige Arbeit noch unklar sind. Gleichwohl ergeben sich erste Hinweise auf mögliche Entwicklungen, Risiken und Chancen, die mit der Digitalisierung in der Energiewirtschaft verbunden sind.

Aus Sicht von Betriebsräten birgt die Digitalisierung (z. B. die Nutzung von GPS-Systemen für Monteure im Feld) das Risiko von **Verhaltens- und Leistungskontrolle** durch den Arbeitgeber. Die Anwendung von digitalen Technologien zur Steuerung und Vermittlung von Arbeitsanweisungen sowie die Dokumentationspflicht vermindern Freiraum- und Entfaltungsmöglichkeiten.

Wenn sich Arbeit an durch Software vorgegebene Prozesse orientiert und Fachwissen in die IT-Systeme integriert ist, besteht aus Sicht von Betriebsräten die Gefahr, dass Wissen unabhängig von handelnden Personen abrufbar ist und **Kompetenzen entwertet** werden. In den Interviews wurde auch die Befürchtung geäußert, dass sich persönliche Kontakte und zwischenmenschliche Kommunikation vermindern.

Vorteile aber auch Risiken der Digitalisierung liegen z. B. in der **Flexibilisierung** und Entkopplung von Arbeitszeit und Arbeitsort, sodass eine bessere Vereinbarkeit von Familie und Beruf eröffnet wird. Gleichzeitig birgt die Entkopplung der Arbeitsfähigkeit von Ort und Zeit auch die Gefahr zu permanenter Erreichbarkeit und somit gerade nicht familienfreundlich wirken kann. Wie so oft kommt es hier auf die Ausgestaltung an.

Die Ausstattung von Anlagen mit Sensortechnik und Messelementen ermöglicht die intelligente Steuerung und frühzeitige Wartung und Instandhaltung von Anlagen wie z. B. bei Wärmepumpen, die online auf Portale aufgeschaltet werden oder die digitale Überwachung von Transformationsstationen. Auf diese Weise kann frühzeitig in die Systeme eingegriffen werden, bevor es zu Störfällen kommt und es besteht die Chance, dass die Beschäftigten seltener Einsätze in 24-Stunden-Notdiensten haben.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass verschiedene Entwicklungen, die durch die Energiewende ausgelöst werden, auf sehr unterschiedliche Weise auf die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten einwirken. Erkennbar sind dabei sowohl Potenziale für eine positive Entwicklungen, aber auch die Notwendigkeit, zusätzliche Belastungen aktiv zu begegnen. Zugleich stellen die veränderten Arbeitsbedingungen hohe Anforderungen

an die Kompetenzen der Beschäftigten, denen nicht alle Beschäftigten gerecht werden – auch hier kommt es auf die Ausgestaltung an.

4.8 Wirkungen auf die Interessenvertretung

Die Arbeit und Wirkungsweise der Interessenvertretung von Beschäftigten wird von den energiewendegetriebenen strukturellen Änderungen der Unternehmenslandschaft beeinflusst:

Auf der einen Seite spielt die organisierte Interessenvertretung durch Betriebsräte und Gewerkschaften aufgrund der kleinteiligeren Betriebsstruktur in der Wind- und Solarbranche eine weitaus geringere Rolle als in den großbetrieblich geprägten Strukturen im Bereich der konventionellen Energieerzeugung. So ist nach Auskunft der Interviewpartner:innen bei den Projektierer:innen, Planer:innen, Anlagenbetreibern und Herstellern technischer Ausrüstung im Feld der erneuerbaren Energien die Tarifbindung, was tendenziell zu geringeren und stärker gespreizten Entgeltten sowie geringeren betrieblichen Sozialleistungen führt. Auch existieren in kleineren Betrieben seltener Betriebsräte.

Verstärkt wird dieser Trend zur abnehmenden Bedeutung der organisierten Interessenvertretung dadurch, dass trotz der beobachtbaren Konversion eine sehr hohe Nachfrage nach Arbeitskräften im Bereich der Energiewirtschaft besteht. So kann der Ausbau von Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien den Verlust von Arbeitsplätzen in den konventionellen Bereichen insgesamt mehr als ausgleichen (siehe Kapitel 3). Dies ergibt sich auch deshalb, weil – neben neu gegründeten, vergleichsweise kleinen Unternehmen im Bereich erneuerbare Energien – den traditionellen Energieversorgern der Ausstieg aus der fossilen Energiegewinnung und der Einstieg in erneuerbaren Energien gelingt.

Der hohe Fachkräftebedarf führt so zu tendenziell guten Beschäftigungsbedingungen und hoher Arbeitsplatzsicherheit und verringert das Konfliktpotenzial in diesem Bereich (auch wenn es in einzelnen Bereichen durchaus zum Arbeitsplatzabbau kommt).

Auf der anderen Seite gewinnen Betriebsräte in Zeiten der Transformation sowohl für die Beschäftigten als auch für die Unternehmensführung an Bedeutung, da die Gestaltung und Umsetzung der Veränderungsprozesse nur in Zusammenarbeit beider Betriebsparteien gelingen kann. Negativbeispiele von Unternehmen, denen es nicht gelungen ist, die Veränderungsprozesse sozialpartnerschaftlich anzugehen, und entsprechend keine Zukunftsperspektiven entwickeln konnten, gehen aus den Interviews durchaus hervor.

Viele Unternehmensführungen erkennen die Notwendigkeit der Zusammenarbeit mit den Beschäftigten und ihren Vertretungen als Erfolgsfaktor für die anstehenden Veränderungen und binden sie entsprechend nicht nur informativ, sondern aktiv beteiligend ein. Einzelne Betriebsräte berichten (aus ihrer Sicht) diesbzgl. allerdings auch von Defiziten in der Mitbestimmungskultur.

In positiven Fällen werden Beschäftigte durch Klimaprojekte und betriebliches Vorschlagswesen in Umgestaltungsprozesse in die Unternehmensentwicklung eingebunden. Angesichts des hohen Fachkräftebedarfs im Bereich der erneuerbaren Energien werden zudem in einigen Unternehmen Umschulungsprogramme aufgelegt, um Entlassungen zu vermeiden und die Beschäftigten für die Energiewende zu qualifizieren.

Das organisationstheoretisch wohlklingende Postulat der Zusammenarbeit birgt auch Risiken für die Interessenvertretung, die in den Interviews benannt wurden: Betriebsräte sind mit den von Unternehmensführungen initiierten Zukunftsprojekten z. T. so beschäftigt, dass kaum Zeit für andere (selbstgewählte) Themen bleibt. Unternehmensführungen berufen sich bei Maßnahmen mit negativen Folgen für Beschäftigte auf die Energiewende und den Klimaschutz, um so die Unterstützung seitens der Beschäftigten „moralisch“ einzufordern. Was im guten Fall zu gemeinsamer Motivation führen kann, kann im schlechten Fall auch strategisch genutzt werden, um ungeliebte Maßnahmen zu rechtfertigen.

Angesichts des oben skizzierten tendenziellen Bedeutungsrückgangs der Interessenvertretung aufgrund abnehmender Betriebsgrößen und einer derzeit stark wachsenden Branche einerseits und gelingender konstruktiver Zusammenarbeit bei der Bewältigung der Transformationsprozesse (mit gemeinsamen Ziel) andererseits, erscheint es mit Blick auf die Zukunft – wenn die Transformation erfolgt ist und weniger Fachkräfte zum Aufbau notwendig sind – wichtig, die Bedeutung der Interessenvertretung als eigenständige Institution im Betrieb nicht zu „vergessen“.

5. Ansatzpunkte zur Verbesserung des Fachkräfteangebots

Die ökonometrische Quantifizierung von Beschäftigungseffekten durch die Energiewende in Kapitel 3 sowie die Aussagen der Expert:innen in den Interviews für die vorliegende Studie bestätigen, dass die Umsetzung der Energiewende zu einer steigenden Zahl neuer Arbeitsplätze führt. Auch in Baden-Württemberg wird die Energiewende demnach zum „Jobmotor“ (Büchel et al. 2025, S. 22) und ist tatsächlich nur dann erfolgreich umsetzbar, wenn zusätzliche Arbeitskräfte gewonnen werden können.

Gleichzeitig entstehen durch die Energiewende zusätzliche bzw. neuartige Qualifikationsbedarfe (vgl. Kapitel 4). In den Handlungsfeldern EE-Ausbau und Gebäude steigt die Zahl der Arbeitsplätze in Baden-Württemberg bis 2030 am stärksten auf den Anforderungsniveaus Spezialist:innen und Expert:innen (vgl. Tabelle 2 in Kapitel 3.2.2 und Tabelle 5 in Kapitel 3.3.2).

Auch andere Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass die Energiewende zu einem überdurchschnittlichen Anforderungsniveau in den relevanten Branchen bzw. Berufen führt – bedingt durch den Wandel in inhaltlich-fachlicher Hinsicht als auch durch andere Aspekte der Transformation wie etwa Digitalisierung (vgl. Monsef/Wendland 2022, S. 6 mit Bezug zur BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2018).

Ähnlich wie in Deutschland insgesamt (vgl. Ehrentraut et al. 2024), droht also auch für Baden-Württemberg, dass ein Mangel an qualifizierten Fachkräften die Umsetzung der Energiewende zukünftig behindern und verlangsamen könnte. Umso wichtiger sind Strategien und Maßnahmen zur Mobilisierung und zur Qualifizierung von Fachkräften. Um bestehende Aktivitäten und Ansatzpunkte für zusätzliche Anstrengungen in dieser Hinsicht geht es im vorliegenden Kapitel. Zunächst erfolgt eine genauere Analyse der gegenwärtigen Fachkräfteverfügbarkeit sowie von Bereichen, in denen aktuell bereits Engpässe bestehen (Kapitel 5.1).

Im Kapitel 5.2 werden die unterschiedlichen Bildungswege für die benötigten Fachkräfte betrachtet. Die Analyse der geforderten Kompetenzen (Kapitel 4) zeigt, dass es für die Tätigkeit in der doppelten Transformation von Energiewende und Digitalisierung neben inhaltlich-fachlichen Kompetenzen (die auf diesen Bildungswegen vornehmlich vermittelt werden) gleichermaßen auch auf digitale, prozessuale und fachübergreifende Qualifikationen ankommt. Diese müssen sowohl an bestehende Belegschaften als auch an neue Beschäftigte, die ihre Ausbildung abgeschlossen haben, oft berufsbegleitend vermittelt werden – also durch Weiterbildung, um die es im Kapitel 5.3 geht.

Anschließend werden Handlungsbedarfe im Bereich neuer Lernformen (Kapitel 5.4) und auf dem Feld der Kooperationen zur Qualifizierung (Kapitel 5.5) dargestellt. Anschließend geht es im Kapitel 5.6 um Maßnahmen zur Mobilisierung von Fachkräften jenseits der Qualifizierung. Am Schluss werden Empfehlungen zur Qualifizierung und Mobilisierung von Fachkräften im Kapitel 5.7 überblicksartig zusammengefasst.

5.1 Verfügbarkeit von Fachkräften für die Energiewende: Status quo und Erwartungen für die Zukunft

Die hohe Bedeutung von qualifiziertem Personal für die Energiewende wird sowohl von Unternehmen als auch institutionellen Akteuren wie Kammern, Verbänden und Bildungseinrichtungen wahrgenommen. Umso kritischer erscheint, dass die Verfügbarkeit von Fachkräften in Baden-Württemberg in allen Interviews bereits gegenwärtig als schwierig und für die Zukunft – mit Blick auf den wachsenden Arbeitskräftebedarf im eigenen Unternehmen bzw. in der eigenen Branche sowie die demographische Entwicklung – als problematisch eingeschätzt wurde.

Diese Einschätzungen zur aktuellen Lage werden durch Daten über Engpässe bei der Fachkräfteverfügbarkeit bestätigt. Tabelle 10 zeigt eine Auswertung der Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit für die 38 Berufsgruppen, die für die Energiewende hohe Relevanz haben. In der zweiten Spalte wird erkennbar, dass in Baden-Württemberg im Jahr 2023 in mehr als der Hälfte der geforderten Qualifikationsprofile ein Engpass vorherrschte, ein knappes Drittel unter Beobachtung stand und bei einem Sechstel keine Probleme bei der Besetzung offener Stellen vorlagen (wo keine Angabe für Baden-Württemberg vorhanden ist, wird der bundesweite Wert zugrunde gelegt).

Besonders starke Engpässe bestehen in den industriellen Berufsfeldern der Herstellung und Verarbeitung von Kunststoff und Kautschuk, der Holzbe- und -verarbeitung, des Metallbaus, der Mechatronik, der Automatisierungstechnik, der Energietechnik und der Elektrotechnik. Die Energiewende im Gebäudebereich droht unter starken Engpässen in nahezu allen bau- und gebäudetechnikbezogenen Berufsfeldern zu leiden. Und auch im Feld Informatik/IT werden deutliche Probleme erkennbar. In der Statistik bilden sich damit Engpässe genau dort ab, wo sie auch in den Interviews angesprochen wurden.

**Tabelle 10: Engpässe bei der Besetzung offener Stellen
in den Berufsgruppen von hoher Relevanz für die Energiewende
in Baden-Württemberg und Deutschland**

Berufsfeld	Engpass- bewertung je Anforderungs- niveau*	Engpass- analyse Baden- Württemberg		Engpass- analyse Deutschland		Baden-Würt- temberg im Vergleich zu Deutschl.**	
		2020	2023	2020	2023	2020	2023
212 Naturstein-, Mineral-, Baustoffherstellung	Fachkräfte	k.A.	k.A.	2,5	2,3	k.A.	k.A.
213 Industrielle Glasherstellung u. -verarbeitung	Fachkräfte	k.A.	k.A.	1,8	2,3	k.A.	k.A.
221 Kunststoff, Kautschukherstellung, -verarbeitung	Fachkräfte	1,7	2,3	1,7	2,3	→	→
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	1,4	1,8	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	k.A.	1,0	k.A.	k.A.	k.A.
223 Holzbe- und -verarbeitung	Fachkräfte	2,3	2,7	1,5	2,2	↓	↓
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	1,8	2,2	k.A.	k.A.
241 Metallerzeugung	Fachkräfte	k.A.	k.A.	1,0	1,5	k.A.	k.A.
242 Metallbearbeitung	Fachkräfte	1,0	1,8	1,0	1,7	→	↘
	Spezialist:innen	1,3	1,4	0,7	1,2	↓	↘
244 Metallbau und Schweißtechnik	Fachkräfte	1,7	2,0	1,7	2,0	→	→
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	2,0	2,0	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	k.A.	1,7	1,8	k.A.	k.A.
251 Maschinenbau- und Betriebstechnik	Fachkräfte	0,7	1,0	1,0	1,3	↑	↑
	Spezialist:innen	1,5	1,8	1,3	1,7	↘	↘
	Expert:innen	1,7	2,0	1,0	1,8	↓	↘
261 Mechatronik und Automatisierungstechnik	Fachkräfte	2,3	2,3	2,3	2,3	→	→
	Spezialist:innen	k.A.	2,5	2,0	2,5	k.A.	→
	Expert:innen	k.A.	2,0	1,3	1,5	k.A.	↓
262 Energietechnik	Fachkräfte	2,7	2,5	2,7	2,5	→	→
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	1,7	2,0	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	2,0	1,2	1,5	k.A.	↓
263 Elektrotechnik	Fachkräfte	1,8	2,0	1,5	2,0	↓	→
	Spezialist:innen	2,7	2,2	2,5	2,3	↘	↗
	Expert:innen	2,0	2,3	2,0	2,2	→	↘
271 Technische Forschung und Entwicklung	Expert:innen	1,5	1,8	1,4	1,8	↘	→
272 Technisches Zeichnen, Konstruktion, Modellbau	Fachkräfte	1,3	2,0	1,3	1,8	→	↘
	Spezialist:innen	1,2	1,8	1,2	1,7	→	↘
	Expert:innen	k.A.	k.A.	1,5	1,6	k.A.	k.A.
273 Technische Produktionsplanung,-steuerung	Fachkräfte	1,0	1,0	1,0	1,2	→	↗
	Spezialist:innen	1,2	1,5	1,3	1,7	↗	↗
	Expert:innen	1,3	1,7	1,0	1,8	↓	↗

Berufsfeld	Engpass-bewertung je Anforderungsniveau*	Engpass-analyse Baden-Württemberg		Engpass-analyse Deutschland		Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschl.**	
		2020	2023	2020	2023	2020	2023
311 Bauplanung u. -überwachung, Architektur	Fachkräfte	k.A.	k.A.	1,6	1,7	k.A.	k.A.
	Spezialist:innen	2,7	2,3	2,2	2,2	↓	↘
	Expert:innen	2,3	2,5	2,0	2,0	↓	↓
312 Vermessung und Kartografie	Fachkräfte	k.A.	k.A.	1,8	1,8	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	k.A.	2,2	1,6	k.A.	k.A.
321 Hochbau	Fachkräfte	2,7	2,3	2,3	2,3	↓	→
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	2,7	2,3	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	k.A.	2,0	1,5	k.A.	k.A.
322 Tiefbau	Fachkräfte	2,8	2,6	2,5	2,7	↓	↗
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	2,5	2,3	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	k.A.	2,0	1,8	k.A.	k.A.
331 Bodenverlegung	Fachkräfte	2,3	2,4	2,3	2,2	→	↘
332 Mal- und Stuckaturarbeiten, Bauwerksabdeckung, Bautenschutz	Fachkräfte	2,3	2,2	1,5	1,7	↓	↓
	Spezialist:innen	2,5	2,5	1,8	2,2	↓	↓
333 Aus-, Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rolladenbau	Fachkräfte	2,7	2,5	2,2	2,2	↓	↓
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	2,7	2,2	k.A.	k.A.
341 Gebäudetechnik	Fachkräfte	0,7	0,8	0,5	0,5	↘	↓
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	1,7	2,2	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	k.A.	2,0	1,8	k.A.	k.A.
342 Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik	Fachkräfte	2,7	2,7	2,8	2,7	↗	→
	Spezialist:innen	k.A.	2,5	2,7	2,7	k.A.	↗
	Expert:innen	k.A.	k.A.	2,8	2,3	k.A.	k.A.
343 Ver- und Entsorgung	Fachkräfte	1,8	2,0	1,7	2,2	↘	↗
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	1,8	2,2	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	k.A.	2,0	1,8	k.A.	k.A.
413 Chemie	Fachkräfte	1,8	2,0	1,2	1,3	↓	↓
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	1,4	1,8	k.A.	k.A.
	Expert:innen	1,2	1,2	0,6	0,8	↓	↓
421 Geologie, Geografie und Meteorologie	Expert:innen	k.A.	k.A.	0,8	1,3	k.A.	k.A.
423 Umweltmanagement und -beratung	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	1,3	1,2	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	k.A.	0,3	1,4	k.A.	k.A.
511 Techischer Betrieb Eisenbahn, Luft-, Schiffsverkehr	Fachkräfte	k.A.	k.A.	0,8	1,3	k.A.	k.A.
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	1,0	1,8	k.A.	k.A.
514 Servicekräfte im Personenverkehr	Fachkräfte	0,8	1,3	1,0	1,3	↗	→
524 Fahrzeugführung im Schiffsverkehr	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	1,5	2,0	k.A.	k.A.
525 Bau- und Transportgeräteführung	Fachkräfte	2,7	2,0	1,8	1,8	↓	↘
541 Reinigung	Fachkräfte	1,2	1,7	1,2	1,5	→	↘
	Spezialist:innen	1,8	2,8	1,3	1,7	↓	↓

Berufsfeld	Engpass-bewertung je Anforderungsniveau*	Engpass-analyse Baden-Württemberg		Engpass-analyse Deutschland		Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschl.**	
		2020	2023	2020	2023	2020	2023
613 Immobilienwirtschaft, Facility-Management	Fachkräfte	1,8	1,6	1,2	1,5	↓	↘
	Spezialist:innen	1,4	1,7	1,3	1,5	↘	↘
	Expert:innen	k.A.	k.A.	1,6	1,6	k.A.	k.A.
713 Unternehmensorganisation und -strategie	Fachkräfte	1,5	2,3	1,5	2,0	→	↓
	Spezialist:innen	1,3	1,8	1,2	1,7	↘	↘
	Expert:innen	1,2	1,8	1,0	1,8	↘	→
714 Büro und Sekretariat	Fachkräfte	1,0	1,3	0,7	1,2	↓	↘
	Spezialist:innen	1,2	1,2	0,7	1,2	↓	→
	Expert:innen	k.A.	k.A.	0,4	1,0	k.A.	k.A.
932 Innenarchitektur, Raumausstattung	Fachkräfte	1,8	2,2	1,3	1,3	↓	↓
	Spezialist:innen	k.A.	k.A.	k.A.	1,3	k.A.	k.A.
	Expert:innen	k.A.	k.A.	1,2	1,4	k.A.	k.A.
431 Informatik	Fachkräfte	1,8	2,0	1,5	1,5	↓	↓
	Spezialist:innen	2,0	2,0	1,7	1,7	↓	↓
	Expert:innen	1,7	1,6	1,5	1,8	↘	↗
432 IT-Systemanalyse, Anwenderberatung, IT-Vertrieb	Fachkräfte	k.A.	k.A.	k.A.	2,3	k.A.	k.A.
	Spezialist:innen	2,2	2,2	1,7	2,0	↓	↘
	Expert:innen	2,2	2,3	1,8	1,8	↓	↓
433 IT-Netzwerktechnik, -Koordination, -Administration, -Organisation	Spezialist:innen	1,7	2,0	1,3	1,7	↓	↓
	Expert:innen	1,3	1,5	1,0	1,2	↓	↓
	Fachkräfte	1,3	1,2	1,3	0,8	→	↓
434 Softwareentwicklung und Programmierung	Spezialist:innen	1,8	2,2	2,0	2,2	↗	→
	Expert:innen	2,7	2,3	2,7	2,7	→	↑

Anmerkung*:

Färbung für Baden-Württemberg 2023 (wo keine Angabe für Baden-Württemberg vorhanden ist, wird der bundesweite Wert zugrunde gelegt):

Grün = kein Engpass (Werte <1,5)

helles Rot = unter Beobachtung (Werte $\geq 1,5$ und $< 2,0$)

dunkles Rot = Engpass (Werte ≥ 2)

Anmerkung:**

↑ = BaWü $> 0,2$ günstiger als Deutschland

↗ = BaWü > 0 bis $0,2$ günstiger als Deutschland

→ = BaWü wie Deutschland

↘ = BaWü > 0 bis $0,2$ ungünstiger als Deutschland

↓ = BaWü $> 0,2$ ungünstiger als Deutschland

Quelle: eigene Darstellung nach Bundesagentur für Arbeit 2024d

Auffällig ist außerdem, dass sich die Situation in den meisten Qualifikationsprofilen in Baden-Württemberg schlechter als in Deutschland darstellt, in sehr vielen Fällen sogar deutlicher schlechter. Allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass für das Land nicht für alle Qualifikationsprofile Daten vorliegen und der Vergleich daher nicht in der vollen Breite der Berufsfelder möglich ist.

Ungünstiger ist die Lage in Baden-Württemberg vor allem in einigen bau- bzw. gebäudebezogenen Berufsfeldern, im Bereich Informatik und IT (mit der Ausnahme von Softwareentwicklung und -programmierung) oder im Tätigkeitsfeld Unternehmensorganisation und -strategie. Nur in den zwei Berufsfeldern der technischen Produktionsplanung und -steuerung sowie der Klempnerei, Sanitär, Heizung und Klimatechnik ist die Fachkräfteverfügbarkeit über die verschiedenen Anforderungsniveaus hinweg im Land insgesamt günstiger als im bundesweiten Durchschnitt.

Auf Basis der geführten Interviews bietet sich ein Bild, dass nach wie vor viele Unternehmen den steigenden Bedarf an Fachkräften noch weitgehend decken können. Dabei wurde der Terminus „Fachkraft“ bei solchen Aussagen in der Regel für die Anforderungsniveaus „Fachkraft“, „Expert:in“ oder „Spezialist:in“ aus der Statistik verwendet. Gleichwohl sind dazu oft ein höherer Aufwand und höhere Kosten als in der Vergangenheit erforderlich, etwa steigende Kapazitäten in den Personalabteilungen für mehr Bewerbungsgespräche. In verschiedenen Fällen berichteten Unternehmen, dass sie Aktivitäten in der Aus- und Weiterbildung intensiviert haben (vgl. Kapitel 5.2 und 5.3).

Allerdings wurde von verschiedenen Unternehmensvertreter:innen in den Interviews auch festgestellt, dass sie ihren Fachkräftebedarf bereits aktuell nicht mehr decken können. Ein Anstieg des Fachkräftebedarfs treffe hier bereits auf eine Verschlechterung der Bewerbungslage. Solche Stimmen waren insbesondere aus dem Bereich des Handwerks zu vernehmen, das sich im Bereich der gewerblich-technischen Berufe im Wettbewerb um Fachkräfte mit Industrieunternehmen und Energieversorgern sieht.

Aus dem Handwerk wird darauf hingewiesen, dass gut ausgebildete Mitarbeiter:innen häufiger in die Industrie abwandern (in den Interviews wurden reale Beispiele benannt), als im Gegenzug ein Einstieg in das Handwerk durch ehemalige Beschäftigte aus anderen Branchen erfolgt. Als Ursachen wurden unterschiedliche Entgeltbedingungen, hohe persönliche Verantwortlichkeit für die Arbeitsleistung sowie im baubezogenen Handwerk auch die Arbeitsbedingungen (z. B. Tätigkeiten unter Wettereinfluss) benannt. Auch die diskontinuierliche Entwicklung des baubezogenen Handwerks in der Vergangenheit habe zu einer Tendenz der Abwanderung von Fachkräften beigetragen.

Für die Zukunft erwarten nahezu alle Interviewpartner:innen einen steigenden Fachkräftemangel. Als Ursachen wurden einerseits die mit der Energiewende verbundenen zusätzlichen Aufgaben für Fachkräfte benannt, der andererseits schlechtere Bedingungen zur Gewinnung neuer Arbeitskräfte durch die demographische Entwicklung gegenüberstünden. Mehrfach wurde formuliert, man laufe erwartbar oder „sehenden Auges“ in eine Mangellage, die sich nicht alleine auf Fachkräfte beschränke, sondern auch das geringste Anforderungsniveau der Helfer:innen betreffen werde. Speziell im Handwerk gibt es Sorgen, dass der zukünftige Investitionsbedarf zu einer „Überhitzung“ am Arbeitsmarkt führen könne.

Solche (subjektiven) Aussagen in vielen Interviews waren erkennbar auch davon geprägt, dass die Belegschaften in vielen Unternehmen stark durch die sog. Boomer-Generation geprägt sind – also durch Menschen, die zwischen 1957 und 1968 geboren wurden und in den kommenden Jahren in großer Zahl verrentet werden und durch Neueinstellung ersetzt werden müssen. Allerdings deckt sich diese Wahrnehmung durchaus mit Prognosen über die weitere Entwicklung der Erwerbspersonenzahl und die Fachkräfteverfügbarkeit.

Die jüngste Projektion zur langfristigen Entwicklung durch das Bundesinstitut für Berufsbildung und das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung aus dem Jahr 2024 kommt für Baden-Württemberg zu dem Ergebnis, dass die Entwicklung der Bevölkerung und der Erwerbspersonenzahl einerseits sowie des Strukturwandels in der Wirtschaft des Landes und der sich daraus ergebende Arbeitskräftebedarf andererseits dazu führen wird, dass die Besetzung offener Stellen ab dem Jahr 2024 insgesamt verschlechtern wird und bis zum Jahr 2030 auf einem ungünstigen Niveau bleibt (BIBB/IAB 2025).

Auf dieser Basis werden für viele Berufssegmente, die für die Energiewende eine hohe Bedeutung haben, eine Fortsetzung und teilweise sogar Verschärfung der oben dargestellten heutigen Engpässe bis 2030 vorausgesehen. Dies gilt z. B. für Mechatronik-, Energie- und Elektroberufe, Bauplanungs-, Architektur- und Vermessungsberufe, Hoch- und Tiefbauberufe, (Innen-)Ausbauberufe sowie Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufe (Faißt et al. 2025, S. 15). Auffallend ist auch, dass sich in diesen Bereichen die Aussichten zur Besetzung offener Stellen seit der letzten Projektion aus dem Jahr 2022 ganz überwiegend verschlechtert haben (vgl. BIBB 2023).

Ein Teil der interviewten Expert:innen äußerte die Erwartung, dass sich in einigen Berufsfeldern heute sichtbare bzw. für die Zukunft prognostizierte Engpässe durch Automatisierung und Digitalisierung vermindern könnten. Speziell in den Feldern Unternehmensorganisation und -strategie

sowie Sekretariat wurde vermutet, dass es durch den Einsatz von KI einige Tätigkeitsprofile zukünftig nicht mehr geben werde.

Die in Kapitel 4.3.4 bereits dargestellte Entwicklung von Substituierungspotenzialen für viele Tätigkeiten bestätigen diese Sichtweise durchaus. Allerdings ist unsicher, ob es dadurch tatsächlich zu einer Abnahme des Fachkräftebedarfs kommt. Die Erfahrungen mit dem bisherigen Verlauf der Digitalisierung weisen darauf hin, dass dies nicht immer der Fall ist, sondern es oftmals eher zur Veränderung von Tätigkeitsstrukturen in bestimmten Berufsfeldern beziehungsweise Anforderungsprofilen kommt, statt dass Arbeitsplätze entfallen.

Insgesamt bildete sich bei Gesprächspartner:innen aus Unternehmen vielfach ein veränderter Blickwinkel auf Neueinstellungen ab: Diese wurden in der Erhebung für die Vorgängerstudie (Löckener et al. 2016) vor allem als der zentrale Hebel für die Mobilisierung neuer inhaltlich-fachlicher Kompetenzen angesehen, die durch die Energiewende etwa im Bereich Erneuerbarer Energien oder der Steigerung der Energieeffizienz entstehen. Neueinstellungen galten mithin also als zentraler Hebel der Kompetenzentwicklung.

In der aktuellen Erhebung bildet sich dagegen ab, dass viele Unternehmen auf diesem Feld kleinere Handlungsspielräume wahrnehmen bzw. für die Zukunft erwarten. Das Thema Neueinstellungen ist mitunter sogar in dem Sinne negativ konnotiert, dass die diesbzgl. Engpässe als Risiko für einen reibungslosen Geschäftsbetrieb eingeordnet wurden. Umso wichtiger erschienen den Expert:innen konsequenterweise zusätzliche Anstrengungen auf den verschiedenen Bildungswegen.

Da in Deutschland eine enge Kopplung zwischen Ausbildungsberuf bzw. Studienfach und später ausgeübtem Beruf besteht (Matthes et al. 2019, S. 20), hängt die Bewältigung der Energiewende davon ab, ob Fachkräftenachwuchs in den relevanten Berufsgruppen auf unterschiedlichen Anforderungsniveaus ausgebildet werden kann, entweder durch die Berufsausbildung im dualen System, ein Hochschulstudium oder als Kombination dieser Bildungswege durch ein duales Studium. Mit Blick auf die dargestellten Engpässe erfordert dies vermehrte Aktivitäten, um:

- auf dem Fachkräfteniveau in der dualen Ausbildung die Anzahl der erfolgreichen Abschlüsse in den Bereichen Herstellung und Verarbeitung von Kunststoff und Kautschuk, Holzbe- und -verarbeitung, Metallbau, Mechatronik, Energietechnik, Elektrotechnik sowie in den Bauberufen mit Engpässen (Hochbau, Tiefbau, Bodenverlegung, Aus- und Trockenbau, Klempner und Sanitär-Heizung-Klima) sowie in Informatik-/IT-Berufen auszubauen,
- über berufliche Fortbildungen oder Bachelorabschlüsse für mehr Spezialist:innen in den Bereichen Mechatronik, Elektronik, Bauplanung,

- Maler und Stuckateur, Klempner, Sanitär-Heizung- und Klimatechnik, Reinigung sowie in den IT-Berufen Informatik, Systemanalyse, IT-Netzwerk und Softwareentwicklung zu sorgen,
- über entsprechende Studiengänge die Expert:innen für die Energiewende in den Bereichen Maschinenbau, Automatisierungstechnik, Energie- und Elektrotechnik, Architektur, IT-Systemanalyse und Softwareentwicklung auszubilden.

5.2 Stärkung der Bildungswege zur Deckung des Fachkräftebedarfs

Im Kapitel 3 wurden für die Handlungsfelder Energiewirtschaft und EE-Ausbau (Kapitel 3.2) sowie Gebäude (Kapitel 3.3) die steigenden Arbeitskräftebedarfe auf den unterschiedlichen Anforderungsniveaus bis zum Jahr 2030 ermittelt. Insgesamt ergibt sich für Arbeitskräfte mit einer fachberuflichen Ausbildung von 2022 bis 2030 ein Anstieg von 38 Prozent. Für Spezialist:innen, die in der Regel eine Meister- oder Techniker-Ausbildung oder ein abgeschlossenes Bachelorstudium aufweisen, wird der Bedarf demnach sogar um 48 Prozent steigen. Für Expert:innen, die üblicherweise einen Master- oder Ingenieursstudiengang absolviert haben, wird eine Steigerung des Bedarfs um 44 Prozent erwartet.

Die fachberufliche Ausbildung – in den betreffenden Berufsfeldern sehr überwiegend als betriebliche Ausbildung im dualen System absolviert – hat trotz der vergleichsweisen geringen Steigerung dennoch besonderes Gewicht: Gegenwärtig sind 52 Prozent aller Arbeitskräfte in den für die Energiewende besonders relevanten Berufen in Baden-Württemberg als Fachkräfte mit einem solchen Ausbildungsabschluss tätig. Auf Spezialist:innen entfallen 17 Prozent, auf Expert:innen 15 Prozent.

Im Folgenden werden die Situationen in der Berufsausbildung im dualen System, im dualen Studium und im klassischen Hochschulstudium gesondert dargestellt. Die erlernten Kenntnisse aus der ersten beruflichen Grundausbildung spielen aufgrund des hohen inhaltlich-fachlichen Anforderungsniveaus bei Erwerbstätigen im Rahmen der Energiewende eine besonders große Rolle: So geben z. B. rund vier von fünf Erwerbstätigen aus dem EE-Bereich an, bei der Durchführung ihrer Tätigkeit auf Kenntnisse und Fähigkeiten zurückzugreifen, die sie während ihrer ersten Grundausbildung erlernt haben (Monsef/Wendland 2022, S. 18).

5.2.1 Duale Berufsausbildung

In den Interviews zu dieser Studie haben alle Gesprächspartner:innen die (eigene) betriebliche Ausbildung für die Unternehmen als sehr wichtiges Instrument bezeichnet, um den (eigenen) Personalbedarf zu decken. Aufgrund des hohen Bedarfs an Arbeitskräften auf dem Anforderungsniveau Fachkraft bei gleichzeitig geringem Angebot auf dem Arbeitsmarkt erscheint dies sehr folgerichtig. Nach Einschätzung der Expert:innen ist die Bedeutung der dualen Berufsausbildung in den letzten Jahren gestiegen und wird auch in Zukunft noch weiter an Bedeutung gewinnen, sodass die Unternehmen sich bemühen, ihre Ausbildungszahlen und Ausbildungskapazitäten hochzuhalten.

In den Interviews gaben die Gesprächspartner:innen von Netzbetreibern an, ihre Ausbildungskapazitäten sowohl in gewerblich-technischen Bereichen mit den Schwerpunkten Elektrotechnik (z. B. Elektroniker:in für Betriebstechnik, Elektroanlagenmonteur:in), in den ausführenden Bauberoufen (z. B. Rohrleitungsbau, Tiefbau) wie auch bei den kaufmännischen und IT-Ausbildungsberufen stark ausgebaut zu haben. Über eine deutliche Zunahme der Ausbildung wurde auch aus den übrigen Energieversorgungsunternehmen (ebenfalls mit den Schwerpunkten Elektrotechnik und IT) sowie für den Handwerksbereich berichtet.

Richtet man den Blick unabhängig von den ausbildenden Branchen auf die Zahlen zur Ausbildung in den für die Energiewende besonders relevanten Berufsfeldern, so ist allerdings festzustellen, dass die erfolgreich abgeschlossenen Ausbildungen in Baden-Württemberg im Zeitraum von 2013 bis 2023 insgesamt um 4,7 Prozent zurückgegangen sind (vgl. Tabelle 11). Dieser Rückgang ist sogar stärker ausgefallen als in der ebenfalls gesunkenen allgemeinen Berufsausbildung im Land insgesamt (– 2,8 Prozent), allerdings weniger stark als in den betreffenden energiewenderelevanten Berufsfeldern deutschlandweit (–6,9 Prozent).

Damit entsteht zunächst das Bild, dass die zahlenmäßige Entwicklung der Ausbildung in den relevanten Fachberufen die Verfügbarkeit von Arbeitskräften auf dem Anforderungsniveau von Fachkräften angesichts des stark steigenden Bedarfs für die Energiewende und der heute bereits bestehenden Engpässe (siehe Kapitel 5.1) nicht ausreichend unterstützt. Die Entwicklung in den vergangenen Jahren stellt sich in den verschiedenen relevanten Berufsfeldern allerdings sehr unterschiedlich dar. Von Interesse ist hierbei die Situation in einzelnen Berufsfeldern im Vergleich zur allgemeinen Ausbildungsentwicklung im Land sowie zur Entwicklung im betreffenden Berufsfeld deutschlandweit.

Dabei wird deutlich, dass die Ausbildungszahlen vor allem in vielen industriespezifischen gewerblich-technischen Berufsfeldern noch weitaus

stärker als die gesamten Ausbildungszahlen im Durchschnitt aller Berufe gesunken sind. Besonders starke Rückgänge zeigen die Ausbildungsberufe der Metallerzeugung, der Kunststoff- und Kautschukindustrie, des Metallbaus und der Baustoffherstellung (vgl. Tabelle 11). Mit Ausnahme der Baustoffherstellung entwickelten sich diese Berufsfelder in Baden-Württemberg aber immerhin noch besser als deutschlandweit.

In anderen gewerblich-technischen Berufen mit hoher Bedeutung für die Energiewende konnten die Ausbildungsabschlüsse in Baden-Württemberg dagegen seit 2013 deutlich gesteigert werden, etwa in der Energietechnik, der Mechatronik und der Holzbe- und -verarbeitung, wo die Entwicklung im Land jeweils auch günstiger verlief als im Bund. Hier lässt sich festhalten, dass die Entwicklung der Ausbildungszahlen angesichts des wachsenden Bedarfs durch die Energiewende heute bereits in die richtige Richtung weist.

Für die bau-, ausbau- und gebäudetechnischen Berufe ergibt sich ein uneinheitliches Bild: Die Spanne reicht von Berufsfeldern, in denen die Ausbildung im Vergleich zur allgemeinen Ausbildung in Baden-Württemberg und zur bundesweiten Entwicklung in dem betreffenden Feld günstiger verlaufen ist (Bauplanung und Architektur, Gebäudetechnik, Immobilienwirtschaft und Facility Management), bis hin zu Berufsfeldern, in denen die Entwicklung der Ausbildungszahlen noch stärker zurückging als in Baden-Württemberg allgemein und in dem betreffenden Berufsfeld in Deutschland (Hochbau, Bodenverlegung).

Zu den Aussagen aus Energieversorgungsunternehmen, dass sie die Ausbildung gesteigert haben, passt die überdurchschnittliche gute Entwicklung der Ausbildungszahlen im Berufsfeld Ver- und Entsorgung, auch wenn nur ein kleiner Teil der Ausbildungstätigkeiten der Energieversorgungsunternehmen darauf entfällt.

Neben den bereits angesprochenen gewerblich-technischen Berufen sind in Energieversorgungsunternehmen vor allem Informatik- und IT-Berufe von Interesse. Diese haben sich in Baden-Württemberg zwar überwiegend besser entwickelt als die allgemeine Ausbildung im Land, teilweise aber dennoch schlechter als im Bund. In einzelnen Berufen wie Kaufmann/Kauffrau für Digitalisierungsmanagement, für IT-Systems-Management sowie für Digitalisierungsmanagement ist sogar ein Rückgang in der Ausbildung zu verzeichnen.

Insgesamt ergibt sich aus den Statistiken zur fachberuflichen Ausbildung und den Angaben aus den Interviews, dass Unternehmen in den Kernbereichen der Energiewende wie z. B. Energieversorgungsunternehmen und viele Handwerksunternehmen ihre Ausbildungskapazitäten erhöht haben und/oder eine weitere Erhöhung planen. Dies findet allerdings in einem Umfeld statt, in dem die fachberufliche Ausbildung immer stärker

unter Druck steht. Dies betrifft dann insbesondere auch diejenigen Berufsfelder, die in solchen Unternehmen benötigt werden, welche mit ihren Leistungen zur Energiewende beitragen.

Tabelle 11: Entwicklung der absolvierten fachberuflichen Ausbildungen in den für die Energiewende relevanten Berufsfeldern in Baden-Württemberg von 2013 bis 2023

Ausbildungsberufsfeld	2013	2023	Entwicklung		
			2013–2023	relativ zum Durchschnitt in BW	relativ zum Ausbildungsberuf in Deutschl.
Insgesamt	211.934	205.969	-2,8%		↗
Energiewenderelevante Berufe	86.068	82.036	-4,7%	↘	↗
212 Naturstein-, Mineral-, Baustoffherstell.	292	208	-28,8%	↓	↘
213 Industrielle Glasherstell., -verarbeitung	106	101	-4,7%	↘	↑
214 Industrielle Keramikherstell., -verarbeitung	14	*	k.A.	k.A.	k.A.
221 Kunststoff, Kautschukherstellung, -verarbeitung	1.178	721	-38,8%	↓	↗
223 Holzbe- und -verarbeitung	2.065	2.146	3,9%	↑	↑
241 Metallerzeugung	353	190	-46,2%	↓	↓
242 Metallbearbeitung	4.427	3.734	-15,7%	↓	↑
244 Metallbau und Schweißtechnik	2.426	1.620	-33,2%	↓	↑
251 Maschinenbau- und Betriebstechnik	11.028	9.084	-17,6%	↓	↑
261 Mechatronik und Automatisierungstechnik	5.372	6.010	11,9%	↑	↑
262 Energietechnik	4.701	5.629	19,7%	↑	↑
263 Elektrotechnik	4.360	3.699	-15,2%	↓	↗
271 Technische Forschung und Entwicklung	170	223	31,2%	↑	↑
272 Techn. Zeichnen, Konstruktion, Modellbau	2.330	2.354	1,0%	↗	↘
273 Technische Produktionsplanung, -steuerung	1.146	1.112	-3,0%	↘	↘
311 Bauplanung u. -überwachung, Architektur	101	413	308,9%	↑	↑
312 Vermessung und Kartografie	292	469	60,6%	↑	↓
321 Hochbau	1.868	1.695	-9,3%	↓	↘
322 Tiefbau	720	866	20,3%	↑	↘
331 Bodenverlegung	514	445	-13,4%	↓	↓
332 Mal- und Stuckaturarbeiten, Bauwerksabdeckung, Bautenschutz	2.603	2.037	-21,7%	↓	↗
333 Aus-, Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rollladenbau	2.460	2.478	0,7%	↗	↘

Ausbildungsberufsfeld	2013	2023	Entwicklung		
			2013–2023	relativ zum Durchschnitt in BW	relativ zum Ausbildungsberuf in Deutschl.
341 Gebäudetechnik	103	143	38,8%	↑	↗
342 Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik	3.228	4.139	28,2%	↑	↘
343 Ver- und Entsorgung	736	897	21,9%	↑	↑
413 Chemie	1.329	1.066	-19,8%	↓	↓
421 Geologie, Geografie und Meteorologie	0	*	k.A.	k.A.	k.A.
423 Umweltmanagement und -beratung	23	*	k.A.	k.A.	k.A.
511 Technischer Betrieb Eisenbahn, Luft-, Schiffsverkehr	10	7	-30,0%	↓	↑
514 Servicekräfte im Personenverkehr	195	101	-48,2%	↓	↓
524 Fahrzeugführung im Schiffsverkehr	36	32	-11,1%	↓	↓
525 Bau- und Transportgeräteführung	182	286	57,1%	↑	↓
541 Reinigung	216	158	-26,9%	↓	↑
613 Immobilienwirtschaft, Facility-Management	504	772	53,2%	↑	↑
713 Unternehmensorganisation und -strategie	14.281	11.627	-18,6%	↓	↘
714 Büro und Sekretariat	10.334	8.022	-22,4%	↓	↑
932 Innenarchitektur, Raumausstattung	541	375	-30,7%	↓	↗
431 Informatik	4.117	6.384	55,1%	↑	↘
432 IT-Systemanalyse, Anwenderberatung, IT-Vertrieb	682	657	-3,7%	↘	↘
433 IT-Netzwerktechnik, -Koordination, -Administration, -Organisation	231	466	101,7%	↑	↑
434 Softwareentwicklung und Programmierung	794	1.670	110,3%	↑	↑

Anmerkungen: *Wert unterliegt der Geheimhaltung;

Entwicklung:

↑ = BaWü > 5 Prozentpunkte besser als Deutschland bzw. Durchschnitt BaWü

↗ = BaWü 0 bis 5 Prozentpunkte besser als Deutschland bzw. Durchschnitt BaWü

↘ = BaWü 0 bis 5 Prozentpunkte schlechter als Deutschland bzw. Durchschnitt BaWü

↓ = BaWü > 5 Prozentpunkte schlechter als Deutschland bzw. Durchschnitt BaWü

Quelle: eigene Darstellung nach Bundesagentur für Arbeit (2024b)

An dieser Stelle können nicht die vielschichtigen Ursachen für den Rückgang der Ausbildungszahlen ergründet werden. Für die Situation speziell in Baden-Württemberg sei auf Wolf (2023) verwiesen.

Im Land konnte jedenfalls zuletzt rund ein Sechstel der von Betrieben angebotenen Ausbildungsplätze nicht besetzt werden (Bundesagentur für Arbeit 2024 f.). Gleichzeitig steigt hier wie auch bundesweit der Anteil von jungen Erwerbspersonen (zwischen 20 und 34) ohne Berufsausbildung seit mehr als zehn Jahren; er hat von 2013 bis 2024 von 9,9 auf 13 Prozent zugenommen (Hellwagner et al. 2025). Auch nach Herausrechnen der Effekte durch die Verschiebung der Bevölkerungsstruktur durch demografische und zuwanderungsbedingte Veränderungen in der Grundgesamtheit zeigt sich ein Zuwachs dieser Quote unter jungen deutschen Staatsangehörigen (Hellwagner et al. 2025).

In der Förderung dieser bisher nicht formal qualifizierten Personen bietet sich ein Potenzial zur Deckung weiteren Fachkräftebedarfs. Zur Entwicklung geeigneter Maßnahmen sollten daher die Gründe erforscht werden, warum formale Qualifikationen zunehmend fehlen. So ist etwa die Frage von Bedeutung, ob die fehlende Qualifikation am Abbruch einer Ausbildung liegt oder ob der Einstieg in eine berufliche Ausbildung erst gar nicht gelingt. Über diese Ursachen gibt es bisher nur wenige valide Kenntnisse.

Dass etwa die sinkenden Ausbildungsbereitschaften junger Menschen im Zusammenhang mit gestiegenen (gesetzlichen Mindest-)Löhnen für Ferienjobs zu sehen sind, wie Hellwagner et al. (2025) anführen, ist zunächst nur eine mehr oder weniger plausible Überlegung. Gleichwohl ist denkbar, dass die Attraktivität einer Ausbildung aus Sicht potenzieller Bewerber:innen durch die vergleichsweise geringe Vergütung geschmälert wird – unabhängig des langfristigen Wertes einer formalen beruflichen Qualifikation. Hier bedarf es entsprechender (Berufs-)Beratung mit Blick auf die Zielgruppe – wobei auch Eltern als wesentliche Begleiter bei der Berufswahl ihrer Kinder mit einbezogen werden sollten (Nahles 2023).

Als weitere Ansatzpunkte werden von Hellwagner et al. (2025) gezielt niederschwellige Angebote zum Finden des Weges zur formalen Qualifizierung, Befähigung von Betrieben und Berufsschulen im Umgang mit Lernschwächeren, eine Ausbildungsgarantie mit Augenmerk auf eine gute Gestaltung des Übergangs in eine betriebliche Ausbildung sowie die Erleichterung der Qualifizierungs- und Kompetenzanerkennung für Zugewanderte diskutiert.

Die Aufzählung zeigt, dass eine Hebung des Potenzials junger Erwerbspersonen ohne Qualifikation sehr vielseitig ausgestaltet werden kann und sowohl bei den Jugendlichen selbst als auch bei den Betrieben ansetzen (vgl. dazu auch Kalinowski/Pfeiffer 2023). Immerhin liegt der An-

teil ausbildender Betriebe an allen ausbildungsberechtigten Betrieben in Baden-Württemberg mit 55 Prozent deutlich unter dem westdeutschen Durchschnitt von 60 Prozent (Fauth/König/Walser 2024) – auch hier besteht also noch Potenzial zur Verbesserung.

Die Idee der Begleitung junger Menschen ist in Baden-Württemberg nicht neu. Schon 2012 bzw. 2013 stieß die Landesregierung zwei Projekte zum Thema Ausbildungsabbruch an (zur Evaluation dieser Projekte siehe Böhmer et al. 2015). Aktuell laufen ein Förderaufruf zur Stabilisierung von Ausbildungsverhältnissen durch Einsatz von Ausbildungsbegleitern (siehe unten) und diverse weitere Maßnahmen zur Förderung der Ausbildung.

Deutschlandweit werden auch Mentoring-Programme für Jugendliche aus benachteiligten Verhältnissen erprobt und diskutiert, in denen Ehrenamtliche die Jugendlichen begleiten (Resnjanskij et al. 2023). Aber offenkundig reichen die bisherigen Anstrengungen noch nicht aus, um den Rückgang des Interesses an der dualen Ausbildung umzukehren.

Eine sog. Assistierte Ausbildung, bei der Auszubildende und Betriebe durch Ausbildungsbegleiter mit fachlicher und persönlicher Hilfestellung unterstützt wird, kann auch mit Maßnahmen wie einer niedrigschwelligen, der Ausbildung vorgelagerten Einstiegqualifizierung kombiniert werden. Dabei dient ein sozialversicherungspflichtiges Praktikum zur Vorbereitung auf die reguläre Ausbildung, für das Unternehmen Zuschüsse zur Praktikumsvergütung und zu den Sozialversicherungsbeiträgen erhalten.

Andere Formen einer finanziellen Förderung sind ein Anerkennungszuschuss für Fachkräfte mit ausländischen Berufsqualifikationen im Hinblick auf Kosten für Anerkennungsverfahren, Übersetzungen und Qualifikationsanalysen sowie Zuschüsse für Kleinstbetriebe (bis neun Mitarbeiter) durch das Programm „Ausbildungsbereitschaft stärken“ in einer Höhe von 3.500 Euro pro Ausbildungsverhältnis.

In den Interviews wurde auch darauf hingewiesen, dass Unternehmen angesichts des Mangels an Bewerber:innen bei der Besetzung von Ausbildungsstellen vermehrt Kompromisse eingehen und auch Jugendliche einstellen, die nicht über alle geforderten Eingangskompetenzen verfügen. Ein erhöhter Aufwand zur Unterstützung und Förderung der Jugendlichen in der Ausbildung, z. B. über E-Learning Portale oder eine soziale Begleitung, wird dabei in Kauf genommen. Zudem schaffen Unternehmen immer häufiger Anreize, um die Ausbildung für junge Menschen attraktiver zu machen, in dem in der Ausbildung z. B. digitale Tools wie Roboter, Virtual Reality und Augmented Reality eingesetzt werden.

Auch der Berufseinstieg nach der Ausbildung kann Unternehmen und Ausbildungsabsolventen vor zusätzliche Herausforderungen stellen, insbesondere wenn keine Übernahme im Ausbildungsbetrieb stattfindet. Vor

allem dann ist der Übergang in den Beruf in der Regel mit einem Bedarf an spezifischen Qualifizierungen verbunden: Über die Einarbeitung und die Übertragung des Erlernten in die Praxis hinaus sind bedarfsgerechte und auf die Tätigkeit angepasste Weiterbildungen notwendig. In den Interviews wurden verschiedene Beispiele hierfür angesprochen wie z. B. zusätzliche Qualifikationen

- bei elektrotechnischen Installateur:innen für höhere Spannungsebenen,
- bei Mechatroniker:innen für Gastechnik für Gashochdruck oder den Umgang mit Wasserstoff,
- im Hinblick auf verschiedene Ausbildungsberufe für den Umgang mit digitalen Technologien (z. B. Dokumentationen für die Arbeit im Umspannwerk liegen in der Cloud und die Maßnahmen werden über VR-Brillen zugespielt) oder Sensorik (Transformatoren sind zukünftig mit Sensorik ausgestattet, die Auskunft über den Zustand der Betriebsmittel geben und die Maßnahmen zur Instandhaltung bestimmen).

Bestehende Angebote für solche Qualifizierungsmaßnahmen über Online-Plattform sollten laufend auf Aktualität und Ergänzungsbedarf geprüft werden, um der hohen Innovationsdynamik in der Energietechnik und bei den digitalen Technologien gerecht zu werden.

Schließlich wurde speziell von Vertreter:innen aus dem Handwerk in den Interviews darauf hingewiesen, dass vielfach die Ausbildungsinhalte einer Aktualisierung bedürfen: Die Ausbildungsrahmenpläne und Rahmenlehrpläne müssten überarbeitet werden, um den Fokus stärker auf erneuerbare Energien und nachhaltige Technologien zu legen. Derzeit sei die Gewichtung noch nicht angemessen, da beispielsweise im Ausbildungsrahmenplan für Anlagenmechaniker:innen Sanitär, Heizung, Klima 100 Stunden für fossile Energien vorgesehen sind, aber nur 40 Stunden für regenerative Energien.

Für klassische Anlagenmechaniker:innen wurden z. B. Ausbildungsinhalte im Bereich Elektro- und Kältetechnik vermisst, die für die Installation und Wartung von Wärmepumpen notwendig sind. Auch eine fehlende Vermittlung von Kenntnissen im Bereich Vernetzung/Programmierung in der Ausbildung wurde bemängelt. Neben der inhaltlichen Weiterentwicklung des Lehrstoffes müssten für eine erfolgreiche Umsetzung – so die Forderung der Befragten – auch die technische Ausstattung der Bildungseinrichtungen angepasst und das Lehrpersonal für neue Technologien (insbesondere auch mit Blick auf Digitalisierung) geschult werden.

5.2.2 Duales Studium

Die zunehmende Schwierigkeit der Besetzung verfügbarer Ausbildungsplätze in Unternehmen wird nicht zuletzt auch durch die seit Jahren beobachtbare gesellschaftliche Tendenz einer Verschiebung im Bildungsverhalten weg von betrieblicher Ausbildung hin zur Hochschulbildung gefördert (Mordhorst/Nickel 2019, S. 3). Eltern wünschen sich für ihre Kinder ein Studium und geben dieses Bild schon bei der Schulwahl in die Berufswahl mit hinein. Interviewpartner:innen aus dem Handwerk problematisieren diese Entwicklung.

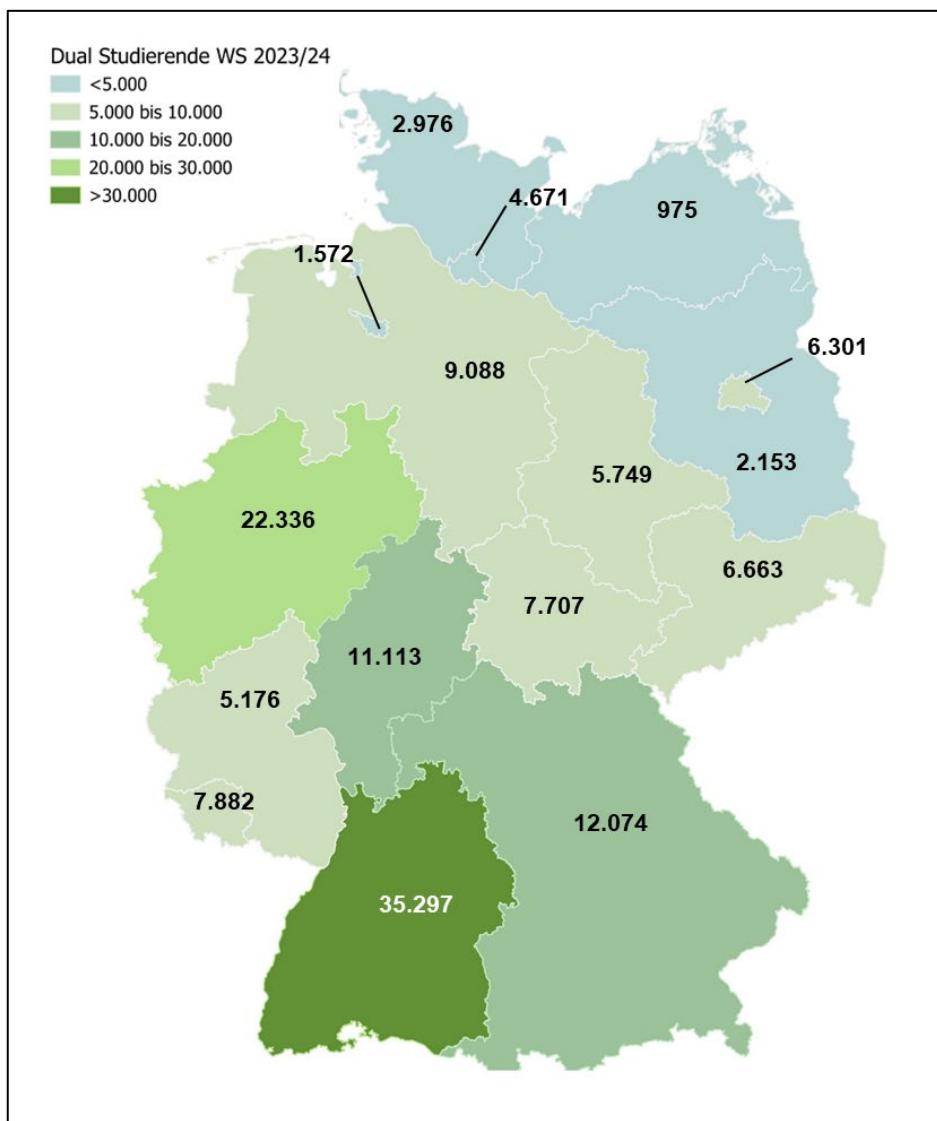
Neben Imagekampagnen für die berufliche Ausbildung im Betrieb kann das duale Studium als substanziale Antwort auf diese Entwicklung gesehen werden: Es bietet eine Kombination beider Bildungswege. Rund 95 Prozent der dual Studierenden befinden sich in einem Bachelor-Studiengang (Nickel/Thiele 2024, S. 48) und damit in einer Erstausbildung, die je nach Ausgestaltung ausbildungsinTEGRierend (d. h. inkl. betrieblicher Ausbildung, die in Teilen als Studienleistung anerkannt wird) oder praxisintegrirend (d. h. mit Ausbildungsteil im Studium bei einem Unternehmen/Praxispartner) ist – wobei letzteres Modell seit Längerem an Bedeutung gewinnt (Mordhorst/Nickel 2019, S. 13).

Die Nachfrage nach dualen Studiengängen erlebt deutschlandweit seit Jahren einen regelrechten Boom. Auch wenn laut dem Centrum für Hochschulentwicklung (CHE 2025) der Anteil dual Studierender im Bundesdurchschnitt insgesamt mit derzeit 4,9 Prozent auf einem niedrigen Niveau liegt (im Vorjahr 4,7 Prozent), so ist das duale Studium doch das wachstumsstärkste Segment im deutschen Hochschulsystem (Nickel et al. 2022, S. 132).

Baden-Württemberg liegt im Vergleich der Bundesländer mit einem Anteil der dual Studierenden von zehn Prozent unter den Top 3 (CHE 2025) – hinter dem Saarland und Sachsen-Anhalt, in denen Aufgrund des kleineren Bildungssystems durch die Aktivitäten einer einzelnen Einrichtung in diesem Bereich (ggf. noch mit bundesweiten Onlineangeboten) die Quoten stark steigen (Nickel et al. 2022; Nickel/Thiele 2024).

Noch deutlicher fällt diese führende Position mit Blick auf die Zahlen der Studienanfänger:innen aus, bei denen in Baden-Württemberg der Anteil der dual Studierenden bereits 2019 bei 11,3 Prozent lag, im bundesweiten Mittelwert dagegen nur bei 4,6 Prozent (Nickel et al. 2022). Die absolute Anzahl der dual Studierenden ist in Baden-Württemberg im Ländervergleich mit Abstand am höchsten (siehe Abbildung 6).

Abbildung 6: Anzahl der dual Studierenden in den Bundesländern im Wintersemester 2023/2024



Quelle: eigene Darstellung nach CHE 2025

Mehrere Faktoren haben zu dieser herausragenden Bedeutung des dualen Studiums in Baden-Württemberg beigetragen: Hier begann in den 1970er Jahren die Entwicklung des dualen Studiums mit Modellversuchen. Die daraus entstandene Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) mit ihren Schwerpunkten Wirtschaft und Technik ist heute beim dualen Studium die bundesweit führende Hochschule, an deren zwölf Standorten im Studienjahr 2023/2024 insgesamt 32.806 dual Studierende

eingeschrieben waren und die rund 9.000 Partnerunternehmen aufweist (DHBW 2024). 99,6 Prozent der dual Studierenden in Baden-Württemberg studierten 2017 an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (Mordhorst/Nickel 2019, S. 32).

Ein wichtiger Faktor für den Erfolg einer dualen Hochschule ist laut dem Centrum für Hochschulentwicklung die Wirtschaftsstruktur. Die starke industrielle Basis und die mittelständischen Unternehmen in Baden-Württemberg begünstigen das duale Studium, da diese Unternehmen einen hohen Bedarf an qualifizierten Fachkräften haben und bereit sind, in deren Ausbildung zu investieren. Die Wirtschaftsstruktur hat so Einfluss auf die Zahl der Unternehmen, die in Kooperation mit den Hochschulen ein duales Studium anbieten können. Auch hier ist hier Baden-Württemberg mit über 4.500 Unternehmen, die sich im dualen Studium engagieren, führend (Mordhorst/Nickel 2019; Nickel et al. 2022).

Die in Statistiken und Studien ablesbare wachsende Bedeutung des dualen Studiums findet sich auch in den geführten Interviews wieder: Während in der Vorgängerstudie vor zehn Jahren das Thema in den Gesprächen noch keine Rolle für den Zubau von Kompetenzen und Qualifikationen spielte, wurde es jetzt von vielen Expert:innen als wichtiger Weg zur Deckung des Fachkräftebedarfs initiativ benannt. Als Vorteile wurden die frühe Bindung künftiger Fachkräfte an das Unternehmen und der hohe Praxisbezug zur Erleichterung des oft schwierigen Übergangs in die berufliche Tätigkeit nach dem Studium angeführt.

Vereinzelt wurde aber auch die Chance einer Einflussnahme auf die Mitwirkung bei der Gestaltung der Studieninhalte über Beteiligungsgremien als Partnerunternehmen der DHBW benannt. Dies eröffne den Unternehmen die Chance, zukunftsorientiert eine bedarfsgerechte Qualifikation voranzubringen.

Mit ihren Schwerpunkten Wirtschaft (57 Prozent der Bachelor- und 44 Prozent der Master-Studierenden) und Technik (32 Prozent der Bachelor- und 45 Prozent der Master-Studierenden) bietet die Duale Hochschule Baden-Württemberg nach Ansicht der Interviewten in ausdifferenzierten Studiengängen viele Qualifikationsmöglichkeiten, die zur Realisierung der Energiewende relevant seien – in beiden Bereichen mit steigenden Studierendenzahlen (DHBW 2024).

So gibt es im Bereich Technik u. a. die Studiengänge Bauingenieurwesen, Elektrotechnik und Informationstechnik, Embedded Systems, Informatik, Mechatronik und Wirtschaftsingenieurwesen sowie im Bereich Wirtschaft neben klassischer Betriebswirtschaft auch Data Science und KI, Sustainable Management und Wirtschaftsinformatik.

Die Verteilung der Studiengänge und erst recht der Studienrichtungen auf die Standorte ist dabei z. T. sehr ungleich verteilt, so wie etwa der

Studiengang Sustainable Management nur an einem Standort angeboten wird und der Studiengang Maschinenbau zwar an acht Standorten vertreten ist, allerdings nur an einem mit der Studienrichtung Versorgungs- und Energiemanagement (www.dhbw.de). Vor diesem Hintergrund sollten Angebot und Bedarfe miteinander abgeglichen werden, um das große Potenzial des dualen Studiums zur energiewendebezogenen Qualifizierung noch besser nutzen.

Hinsichtlich der Abschlüsse dominiert an der DHBW der Bachelor mit rund 85 Prozent – wie auch im bundesweiten Durchschnitt (Nickel et al. 2022, S. 79). Nach Angaben von kooperierenden Unternehmen in den Interviews werden Absolventen der DHBW derzeit vorrangig als Fachkräfte eingesetzt. Ob darin zum Ausdruck kommt, dass die Absolvent:innen aus Sicht der Unternehmen nicht umstandslos auf höheren Anforderungsniveaus eingesetzt werden können, wäre noch zu klären. Jedenfalls gibt der erwartete stark steigenden Bedarfs bei Spezialist:innen und Expert:innen im Zuge der Energiewende Anlass, dieses heutige Einsatzmuster zu hinterfragen.

Eine Verschiebung des Bedarfs zugunsten höherer Anforderungsniveaus ist auch das Ergebnis einer Erhebung von Nickel et al. 2022. Die dabei befragten Unternehmen aus Baden-Württemberg (Grundgesamtheit = 495) geben allerdings ein etwas abweichendes Bild wieder und sehen die künftigen Bedarfe dualer Absolvent:innen für verschiedene Tätigkeitsprofile (mit abweichender Definition der Anforderungsprofile der Bundesanstalt für Arbeit) so: Fachkraft 69 Prozent, Expert:in 66 Prozent, Projektleitung 51 Prozent, Trainee 10 Prozent, Gruppenleitung 22 Prozent und Abteilungsleitung 22 Prozent (Nickel et al. 2022, S. 262).

Da das duale Studium mit seiner besonderen Bedeutung in Baden-Württemberg von Unternehmen offensichtlich als eine Option auf dem Weg zur Deckung des künftigen Fachkräftebedarfs gesehen wird, ist es wichtig, den Einstieg für Studierende zu fördern und den Abbruch eines begonnenen Studiums möglichst zu verhindern. Folgenden Punkten dabei besondere Beachtung zu schenken:

Und den dual Studierenden in Baden-Württemberg liegt der **Frauenanteil** mit nur 42 Prozent unter dem Bundesdurchschnitt im dualen Studium (etwa 45 Prozent) und erst recht unter dem bundesweiten Durchschnitt aller Studierenden, bei denen das Geschlechterverhältnis nahezu ausgeglichen ist (49 Prozent Frauen) (Nickel et al. 2022, S. 216). Wie dieses Potenzial gehoben werden kann, bedarf einer inhaltlichen Analyse.

Die Internetseite der DHBW weist für das aktuelle Jahr 2025 im April noch zahlreiche **freie Stellen für dual Studierende** bei ihren Partnerunternehmen aus. Dies spricht dafür, dass die möglichen Kapazitäten seitens des Studienangebots nicht volumnfänglich ausgeschöpft werden.

Worin die Gründe hierfür liegen (z. B. fehlende Werbung oder Transparenz, Unternehmensprofile, Standorte, Vertragsbedingungen, Studienrichtungen, ...), und wie sich das Potenzial speziell im Sinne der Energiewende besser nutzen ließe, bleibt weiterer Forschung vorbehalten.

Die **Studienabbruchsquote** an der DHBW ist in den letzten Jahren gestiegen und liegt bei 25 Prozent (Heublein/Hutzsch/Schmelzer 2022); die Studienbereiche Technik und Wirtschaft liegen nach eigenen Angaben darunter. Auch wenn die DHBW damit noch deutlich unter der bundesweiten Abbruchsquote an Universitäten liegt (ebenda), bieten finanzielle und organisatorische Probleme der Studierenden aufgrund zweier verschiedener Standorte von Unternehmen und Hochschule, fehlende Beratungsangebote etc. Ansatzpunkte zur Unterstützung, um die Abbruchsquote wieder zu senken.

Das **Baden-Württembergische Landeshochschulgesetz (LHG)** enthält im Bundesvergleich die umfassendsten Gesetzesnormen, bezieht sich allerding ausschließlich auf die DHBW und ihre Standorte (Mordhorst/Nickel 2019, S. 35). Ob sich diese „Vernachlässigung“ der anderen Anbieter dualer Studiengänge in Baden-Württemberg negativ auf die Kapazitäten auswirken, muss an dieser Stelle offenbleiben und wäre zu prüfen.

5.2.3 Hochschulstudium

In den für die Energiewende besonders relevanten Berufsfeldern (vgl. Tabelle 10) waren in Baden-Württemberg im Jahr 2024 rund 15 Prozent der Beschäftigten auf dem Anforderungsniveau Expert:in tätig (Deutschland: 14 Prozent). Diese Personen verfügen in aller Regel über ein abgeschlossenes Hochschulstudium. Im Hinblick auf die Engpasssituation liegt für die Expert:innen in den betreffenden Berufsfeldern die vergleichsweise günstigste Situation vor – der arithmetische Mittelwert aller Engpassfaktoren lag im Jahr 2023 bei 1,70 und damit niedriger als bei Spezialist:innen (1,99) und Fachkräften (1,94).

In den Interviews für die vorliegende Studie wurden gleichwohl auch für Expert:innen deutliche Engpässe formuliert. Hierbei ging es oftmals um einen Bedarf an Ingenieur:innen, die sich als „Problemlösende“ verstehen und in dem wachsenden Projektgeschäft eingesetzt werden können. Hochschulabsolvent:innen gelten in vielen Fällen als die Fachkräfte, die für die Anpassung von Unternehmensstrukturen und Prozessen an die Anforderungen durch neue Geschäftsfelder und Unternehmensstrategien benötigt werden.

Im Hinblick auf besonders relevante inhaltlich-fachliche Spezialisierungen wurde in den Interviews auf besondere Bedarfe unter anderem in den Bereichen Informatik, IT und Softwareprogrammierung, Energietechnik und Wirtschaftsingenieurwesen hingewiesen.

Im Jahr 2024 betrug der Anteil Baden-Württembergs an allen Beschäftigten auf dem Anforderungsniveau Expert:in in den für die Energiewende relevanten Berufsfeldern an allen Beschäftigten in Deutschland 18 Prozent. Um den Beitrag der Hochschulen im Land zur Deckung dieses Bedarfs abschätzen zu können, wurde in Anlehnung an die für die Energiewende relevanten Berufsfelder ein Kreis von Studienfächern³ abgegrenzt, für die in Tabelle 12 die Zahlen der Studienanfänger:innen ausgewiesen und mit den Zahlen für Deutschland verglichen werden.

Der Anteil Baden-Württembergs an Studienanfänger:innen in den energiewenderelevanten Studiengängen beträgt 2023/2024 17 Prozent. Damit liegt der Anteil des Landes bei diesen Fächern deutlich höher als der Anteil an den Studienanfänger:innen in allen Fächern (14 Prozent). Auch das Gewicht Baden-Württembergs an den Expert:innen in den energiewenderelevanten Berufsfeldern wird überstiegen.

Trotz dieses insgesamt guten Ergebnisses sind unter den einbezogenen Fächern Fälle zu erkennen, in denen Baden-Württemberg relativ wenig Studienanfänger:innen aufzuweisen hat, etwa Elektronische Energietechnik, Physikalische Technik / Mechanische Verfahrenstechnik, Raumplanung, Werkstofftechnik sowie Umwelt- und Versorgungstechnik. Bei der Energietechnik-Disziplinen handelt es sich um einen Bereich, für den in unseren Interviews (naheliegenderweise) häufiger besondere Bedarfe angemeldet wurden. Hier stellt sich demnach die Frage, wie sich speziell diese Studienfächer in Baden-Württemberg stärken lassen.

Andere technische Studiengänge wie Fertigungs- /Produktionstechnik, Mechatronik, Mikrosystemtechnik, Optoelektronik und Technische Kybernetik ebenso wie die Wirtschaftsstudiengänge (Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsingenieurwesen) sind dort dagegen überproportional besetzt.

Im Hinblick auf die Aussagekraft dieser Zahlen sei aber darauf hingewiesen, dass für den Bildungsweg des Hochschulstudiums die Ausbildung im Bundesland zur Deckung des „eigenen“ Bedarfs weniger wichtig erscheint als etwa bei der Berufsausbildung von Fachkräften, da Studierende und Absolvent:innen bzw. Beschäftigte mit einer akademischen Ausbildung im Durchschnitt eine höhere Mobilität aufweisen. Außerdem ist von den zehn Prozent ausländischen Hochschulstudierenden nur eine eingeschränkte Wirkung auf die zukünftige Deckung des Fachkräftebedarfs in Baden-Württemberg zu erwarten.

3 Mit heutigem Stand ist keine andere Zuordnung von Studienfächern, die für die Energiewende relevant sind, bekannt, die hierzu hätte herangezogen werden können.

Tabelle 12: Studienanfänger:innen in Baden-Württemberg und Deutschland in den Wintersemestern 2013/2014 und 2023/2024 in energiewenderelevanten Studiengängen

Studienanfänger:innen	WS 2013/14			WS 2023/24		
	Dtl.	Ba-Wü	Anteil Ba-Wü	Dtl.	Ba-Wü	Anteil Ba-Wü
Summe aller Studienanfänger:innen	438.913	66.000	15,0 %	404.800	57.172	14,1 %
Summe der StudienanfängerInnen in energiewenderelevanten Fächern	155.480	27.462	17,7 %	124.524	21.094	16,9 %
Architektur	6.458	756	11,7 %	6.295	724	11,5 %
Bauingenieurwesen/Ingenieurbau	9.963	1.402	14,1 %	8.827	914	10,4 %
Betriebswirtschaftslehre	40.275	8.315	20,6 %	34.434	6.607	19,2 %
Elektronische Energietechnik	640	157	24,5 %	169	9	5,3 %
Elektrotechnik/Elektronik	13.143	1.854	14,1 %	8.822	1.385	15,7 %
Energieverfahrenstechnik	1.678	320	19,1 %	594	87	14,6 %
Fertigungs-/Produktionstechnik	1.378	358	26,0 %	546	82	15,0 %
Glastechnik/Keramik	46	-		6	-	
Holz-/Fasertechnik	243	43	17,7 %	167	29	17,4 %
Holzbau	166	-		105	-	
Ingenieurinformatik / Technische Informatik	1.871	328	17,5 %	2.553	383	15,0 %
Internationale Betriebswirtschaft / Management	9.374	1.224	13,1 %	9.259	1.120	12,1 %
Kartografie	132	21	15,9 %	105	7	6,7 %
Kommunikations- und Informationstechnik	1.620	211	13,0 %	1.285	158	12,3 %
Markscheidewesen	4	-		9	-	
Maschinenbau/-wesen	21.096	3.946	18,7 %	11.219	2.074	18,5 %
Materialwissenschaften	-	-		532	54	10,2 %
Mechatronik	3.760	892	23,7 %	2.844	759	26,7 %
Metalltechnik	119	-		34	-	
Meteorologie	265	44	16,6 %	250	18	7,2 %
Mikroelektronik	22	-		73	-	
Mikrosystemtechnik	682	165	24,2 %	335	111	33,1 %
Optoelektronik	136	39	28,7 %	43	9	20,9 %
Physik	6.915	1.051	15,2 %	7.124	967	13,6 %
Physikalische Technik / Mechanische Verfahrenstechnik	820	31	3,8 %	375	4	1,1 %
Raumplanung	810	66	8,1 %	823	78	9,5 %
Regenerative Energien	160	17	10,6 %	709	83	11,7 %
Schiffbau/Schiffstechnik	195	-		125	-	
Stahlbau	-	-		-	-	
Technische Kybernetik	104	78	75,0 %	32	28	87,5 %
Umwelttechnik (einschließlich Recycling)	1.609	170	10,6 %	844	34	4,0 %
Verfahrenstechnik	2.025	479	23,7 %	1.151	227	19,7 %
Vermessungswesen (Geodäsie)	1.221	241	19,7 %	968	171	17,7 %
Versorgungstechnik	814	101	12,4 %	624	38	6,1 %
Wasserbau	278	-		125	-	
Wasserwirtschaft	347	66	19,0 %	211	44	20,9 %
Werkstofftechnik	1.361	200	14,7 %	695	17	2,4 %
Wirtschaftsinformatik	8.731	1.919	22,0 %	10.111	2.406	23,8 %
Wirtschaftsingenieurwissenschaften mit ingenieurwissenschaftlichem Schwerpunkt	9.982	1.132	11,3 %	8.365	1.220	14,6 %
Wirtschaftsingenieurwissenschaften mit wirtschaftswissenschaftlichem Schwerpunkt	7.037	1.836	26,1 %	3.736	1.247	33,4 %

Quelle: eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt 2024a

Über einen Zeitraum von zehn Jahren betrachtet ist die Anzahl der Studienanfänger:innen in Baden-Württemberg um rund 13 Prozent und deutschlandweit um 8 Prozent gesunken. Zwar ist die Anzahl der Studienanfänger:innen in Baden-Württemberg im Studienjahr 2024 zum dritten Mal infolge leicht um 1 Prozent gewachsen, allerdings weniger als in Deutschland (+2 Prozent). Dieser Rückstand dürfte sich auch zukünftig fortsetzen. Laut Prognose der Kultusministerkonferenz wird sich die Zahl der Studienanfänger:innen bis 2035 sowohl in Deutschland wie auch in Baden-Württemberg leicht erhöhen (Kultusministerkonferenz 2024).

Basierend auf den Vorausberechnungen der Zahl der Schulabsolvent:innen ist demnach für den Zeitraum von 2022 bis 2035 ein weiterer Anstieg der Studienanfänger:innen an Hochschulen in Trägerschaft der Bundesländer zu erwarten, und zwar deutschlandweit um rund 12 Prozent. Für Baden-Württemberg wird allerdings nur ein deutlich unterdurchschnittliches Wachstum um ca. 4 Prozent prognostiziert. Auch diese Zahlen werfen die Frage auf, wie sich die für die Energiewende relevante Hochschulausbildung gezielt stärken lässt.

Neben dem Zugang von Schulabsolvent:innen zur hochschulischen Bildung könnte auch die Sicherung des Studiumserfolgs ein bedeutsamer Hebel sein, um die Zahl der Studiumsabschlüsse zu erhöhen. Die Studiumsabbruchquote an deutschen Universitäten (als Differenz von Studienanfänger:innen und Absolvent:innen im Bachelorstudium) beträgt immerhin rund 35 Prozent (Heublein/Hutzsch/Schmelzer 2022)⁴. Dabei fällt die Abbruchquote im universitären Bachelorstudium in Mathematik und Naturwissenschaften mit 50 Prozent überdurchschnittlich und in den Ingenieurwissenschaften mit 35 Prozent durchschnittlich aus.

Die Regierungen der Bundesländer haben einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Hochschulen, etwa im Rahmen der Finanzierung (vor allem Grundfinanzierung), durch die Festsetzung von Studiengebühren und Zulassungsvoraussetzungen und strategische Ausrichtungen (z. B. Forschungsfelder) haben. Insofern kann auf der Ebene der Bundesländer durchaus daran gearbeitet werden, den Erfolg der Energiewende auch auf der Ebene der Hochschulpolitik zu fördern.

Das Land Baden-Württemberg stärkt mit einer Vereinbarung zur Hochschulfinanzierung vom April 2025 die Hochschulen im Land. Vorgesehen ist eine Erhöhung der Grundfinanzierung bis 2030 um 700 Millionen Euro; mit einem „Zukunftsprogramm Hochschule 2030“ soll das Studienangebot durch die Schaffung neuer Professuren samt Ausstattung verbessert werden. Insgesamt soll das Angebot der Hochschulen im Land besser an die Bedarfe von Wirtschaft und Gesellschaft angepasst werden

4 Differenzierte Daten für Bundesländer oder einzelne Hochschulen sind nicht öffentlich zugänglich.

(Land Baden-Württemberg 2025). Diese Zielstellung könnte Spielräume für eine Förderung der Energiewende eröffnen.

5.3 Weiterbildung zur Anpassung von Kompetenzen der Beschäftigten

Wie in Kapitel 4 beschrieben, ändern sich mit der Energiewende nicht nur die angewendeten Technologien, die spezielles Fachwissen erfordern, sondern auch Unternehmensstrukturen, betriebliche Prozesse, die Arbeitsorganisation sowie Arbeitsformen und -bedingungen.

Im Zuge der Energiewende steigen die Anforderungen an die Beschäftigten daher nicht nur im Hinblick auf die in der Ausbildung oder im (dualen) Studium erlernten inhaltlich-fachlichen Fähigkeiten, sondern auch auf fachübergreifende Querschnittskompetenzen – in Kapitel 4.3 bis 4.5 systematisiert und erläutert als digitale, prozessuale und überfachliche (persönliche) Kompetenzen. Um solche Kompetenzen zu erwerben – und zwar auch in den bestehenden Belegschaften –, wurde Weiterbildung von den interviewten Expert:innen durchgängig als wesentlichen Erfolgsfaktor für die Realisierung der Energiewende benannt.

Hierzu passend, haben fast alle interviewten Expert:innen darüber berichtet, dass in ihren Betrieben bzw. den Betrieben der hier betrachteten Branchen die Weiterbildungsaktivitäten in den vergangenen Jahren deutlich ausgebaut wurden. So seien beispielsweise besondere Anstrengungen unternommen worden, um energiewendebedingt die Produktion bzw. die Anwendung neuer Technologien zu erlernen oder die Einführung neuer Prozesse zu bewältigen.

Insgesamt heben sich diese Aussagen von den Ergebnissen der Auswertungen des IAB-Betriebspanels zur betrieblichen Fort- und Weiterbildung in Baden-Württemberg ab, die das Institut für angewandte Wirtschaftsforschung für die Jahre 2022 und 2023 im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg erstellt hat (König/Berner 2023 und Fauth/König/Walser 2024).

Demnach ist der Anteil der Beschäftigten, die an betrieblichen Weiterbildungsmaßnahmen teilgenommen haben, zwar von 2001 bis 2019 deutlich gestiegen. Der Einbruch in den ersten Corona-Jahren 2020 und 2021 konnte aber bis 2023 noch nicht wieder vollständig wettgemacht werden. Im Übrigen zeigen diese Studien, dass Betriebe in Baden-Württemberg eine höhere Weiterbildungsintensität als in Deutschland insgesamt aufweisen.

In den Unternehmen, die sich mit der Energiewende befassen, entwickelt sich die Weiterbildung also scheinbar besonders dynamisch; berich-

tet wurde über eine Erweiterung von Weiterbildungsbudgets und -zeiten und eine konzeptionelle und methodische Weiterentwicklung. In einem unserer Interviews wurde zum Beispiel von einem Unternehmen benannt, dass eine eigene, vor zehn Jahren aufgegebene Akademie angesichts des Fachkräfte- und Qualifizierungsbedarfs derzeit wieder aufgebaut wird.

Auch in anderen Gesprächen wurde über Formen der Institutionalisierung von Weiterbildung berichtet. Ein weiterer Fokus liegt in der Ermöglichung einer Aufstiegsqualifizierung für Beschäftigte, etwa nach der Ausbildung durch ein Studium oder eine IHK-Fortbildung mit finanzieller Unterstützung, durch die Bewilligung von Sonderurlaub für Lernphasen oder thematische Unterstützung hinsichtlich Bachelor- oder Masterarbeiten.

Die Anerkennung der zunehmenden Bedeutung von Weiterbildung in Unternehmen wurde von interviewten Expert:innen, Unternehmensvertreter:innen und Betriebsräten auch daran festgemacht, dass die Personalentwicklung in den Fokus der Personalabteilungen gerückt ist und dort die personellen Kapazitäten entsprechend aufgebaut wurden, um die zukünftig anstehenden Aufgaben wie Weiterbildung und Recruiting bewältigen zu können.

Dies wird auch als Zeichen für den gesteigerten Stellenwert der Weiterbildung in der Unternehmenskultur gewertet. Die Entwicklung einer weiterbildungsfördernden und auch fehlertoleranten Kultur ist wichtige Voraussetzung für den Erfolg umfangreicher Weiterbildungsmaßnahmen und wurde in den Interviews mehrfach als wichtiges Ziel der Unternehmensführung formuliert.

Es muss bei der Weiterbildung also neben inhaltlich-fachlichen Themen auch um digitale, prozessuale und überfachliche (persönliche) Kompetenzen gehen. Fähigkeiten aus allen drei Bereichen werden in aktuellen Studien oft als zentrale „Futur Skills“ in einer Arbeitswelt 4.0 beschrieben (vgl. etwa Ernst 2018, Klemme/Noack 2024, Baron et al. 2024). Im Rahmen der Umsetzung der Energiewende gilt dies aufgrund der Unsicherheit, Dynamik, Umstrukturierung und Digitalisierung im Transformationsprozess besonders. Viele der Interviewpartner:innen geben mit Blick auf die benannten Kompetenzen an, dass es eine der größten Herausforderungen ist, alle Beschäftigten in diese neue Arbeitswelt „mitzunehmen“.

Denn die Querschnittskompetenzen werden nicht nur an neuen Arbeitsplätzen bzw. für neu eingestellte Beschäftigte zur wesentlichen Erfolgsbedingungen, sondern gewinnen in allen Bereichen und Ebenen an Bedeutung (Baron et al. 2024), wobei z. T. auch eine Korrelation des Anforderungsniveaus an Querschnittskompetenzen mit dem beruflichen Anforderungsniveau konstatiert wird (Klemme/Noack 2024). Neben der Ausbildung wird daher auch die Weiterbildung dementsprechend in allen be-

fragten Unternehmen und aus Sicht der übrigen Expert:innen immer wichtiger und erfordert mehr Aufwand.

Die Bedeutung der digitalen Transformation als zentraler Katalysator der Energiewende und Treiber für innovative Lösungen (vgl. Fraunhofer CINES 2024; Hofmann et al. 2024; Bergsträßer et al. 2022) erfordert digitales Know-how der Beschäftigten auf allen Ebenen. Die Wichtigkeit digitaler Kompetenz angesichts dezentraler Tätigkeiten (etwa bei der Anlagenwartung), hoher Datenmengen (etwa bei anfallenden Dokumentationsaufgaben) und vernetzter Systeme (etwa im Smart Home) wurde in den Interviews durchgehend betont.

Allerdings scheinen die Themen KI und Robotik bisher nur selten oder eher pauschal-abstrakt in den Blick genommen zu werden. In dieser Hinsicht hat sich gegenüber einer Umfrage zum Thema Weiterbildung unter Unternehmen im Raum Stuttgart aus dem Jahr 2022 (IHK 2022) offenbar nicht viel verändert.

Jenseits aller technologischen Machbarkeit ist eine erfolgreiche Digitalisierungsstrategie immer abhängig vom Faktor Mensch (Brückner et al. 2021). So fordert etwa der konstruktive Umgang mit moderner Informatstechnologie von den Beschäftigten neben technologischen Fähigkeiten auch überfachliche bzw. persönliche Kompetenzen wie kritisches und kreatives Denken (Klemme/Noack 2024).

Insgesamt müssen in der Weiterbildung daher zukünftig mehr als in der Vergangenheit solche überfachlichen sowie digitale und prozessuale Kompetenzen aufgenommen und vermittelt werden (Ernst 2018, S. 1). Da auch die benannten Querschnittskompetenzen zum Teil fachspezifischen Logiken folgen, ist ein Erlernen mit konkretem fachlichem Bezug hilfreich (Matthes et al. 2019).

Die in Interviews benannte Aufwertung der Personalentwicklung wird in der Praxis vor allem dann gut funktioniert, wenn die Weiterbildung zu einem zentralen kulturellen Element in einem *gesamten* Unternehmen wird. Wichtig ist gerade mit Blick auf die Digitalisierung, die in der Regel ganze Belegschaften betrifft, dass eine breite Beteiligung von möglichst vielen Beschäftigten an Weiterbildung möglich wird.

Analysen zu den Weiterbildungsaktivitäten in baden-württembergischen Betrieben zeichnen allerdings nach wie vor die traditionelle Schieflage, dass der Zugang zu betrieblicher Weiterbildung stark vom Ausbildungsniveau der Beschäftigten abhängt. Im Jahr 2019 lag die Weiterbildungsquote unter den Hochqualifizierten bei 54 Prozent, unter den Qualifizierten aber nur bei 47 Prozent und bei den gering Qualifizierten gar nur bei 24 Prozent.

An dieser Schieflage hat sich – in Baden-Württemberg ebenso wenig wie in Deutschland insgesamt – in den letzten zwei Jahrzehnten nur we-

nig verbessert. Immerhin ist die Weiterbildungsbeteiligung bei den gering Qualifizierten zuletzt am stärksten gestiegen (vgl. König/Berner 2023, S. 15 und Fauth/König/Walser 2024, S. 16).

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Weiterbildungsaktivitäten in den Betrieben liegt in einem stärkeren Engagement der Betriebs- und Personalräte. Verschiedene Studien zeigen, dass die Mitbestimmung in dieser Hinsicht positive Effekte hat (vgl. zur Übersicht: Erol/Ahlers 2023). Insbesondere profitieren gering qualifizierte Beschäftigte – sie nehmen in Betrieben mit Betriebsräten überdurchschnittlich häufig an Weiterbildungsmaßnahmen teil.

Vom Einfluss von Betriebsräten und betrieblichen Gewerkschaftsvertreter:innen profitiert die betriebsinterne Ermittlung des Qualifizierungsbedarfes und die Freistellung von Beschäftigten für Qualifizierung während der Arbeitszeit. Auch der allgemeine Umfang und die Finanzierung von Weiterbildung liegen in Unternehmen mit Betriebsräten überdurchschnittlich hoch. Trotz dieses signifikanten Einflusses machen Betriebs- und Personalräte aber von ihrem Initiativrecht auf dem Feld der Weiterbildung nur vergleichsweise selten Gebrauch. Insgesamt ergibt sich so das Bild eines bestehenden Potenzials zur Stärkung der Weiterbildung, das allerdings deutlich stärker genutzt werden könnte (Erol/Ahlers 2023, S. 7).

Eine Bedeutung hat die Interessenvertretung in diesem Zusammenhang auch durch einen anderen Umstand: In den Interviews wurde angeprochen, dass durch die seitens der Unternehmen erhöhten qualifikatorischen Anforderungen, die zur festgestellten Aufwertung der Weiterbildung führen, nach Einschätzung der Expert:innen unter den Beschäftigten nicht nur „Gewinner:innen“, sondern auch „Verlierer:innen“ gibt.

Einerseits sind die Chancen und Möglichkeiten der Weiterbildung für die Beschäftigten erheblich gestiegen und werden vermehrt auch mit der Perspektive auf Aufstiegschancen angeboten. Gleichzeitig fühlen sich Personen mit geringem Weiterbildungswunsch oder begrenztem Potenzial allerdings auch unter Druck und müssen beim Umgang mit den neuen Anforderungen unterstützt oder evtl. auch entlastet werden.

5.4 Weiterentwicklung von Lernformen

Die in den Interviews genannten Weiterbildungsformen und -formate sind ebenso vielfältig wie die Weiterbildungsinhalte und reichen von externen Weiterbildungen (Seminare oder Kurse) über interne Weiterbildungen (wie Trainings oder Schulungen) und learning on the job (Weiterbildung am Arbeitsplatz) sowie die Zusammenarbeit in lernförderlichen Projektzu-

sammenhängen bis hin zur Nutzung von eigen entwickelten digitalen Lern-tools.

Auch die Auswertung des IAB-Betriebspanels (Fauth/König/Walser 2024) kommt zu dem Ergebnis, dass die Formen betrieblicher Weiterbildung eine große Bandbreite haben, die sowohl digitale Maßnahmen wie auch Präsenzangebote umfassen. Dabei sind auch im Jahr 2023 externe Kurse nach wie vor die häufigste Form der Weiterbildung (90 Prozent der Unternehmen nutzen diese Form der Weiterbildung), gefolgt von Weiterbildungen am Arbeitsplatz (80 Prozent), internen Kursen (71 Prozent), der Teilnahme an Vorträgen (63 Prozent) und dem selbstgesteuerten Lernen (47 Prozent).

Alle Weiterbildungsformen konnten im Hinblick auf ihre Verbreitung in Unternehmen einen Zuwachs verzeichnen, der allerdings beim selbstgesteuerten Lernen am weitaus stärksten ausgeprägt ist. Hier wird die Corona-Pandemie als Ursache für die starke Zunahmen von Online- und Remote-Angebote genannt – diese Lernform befindet sich also auch nach dem Ende der Corona-Pandemie weiter in einem besonderen Aufschwung.

Die Digitalisierung hat die Lernangebote von Unternehmen verändert und flexibilisiert: Neben Online-Schulungen, die v. a. große Unternehmen auch selbst entwickeln, und digitalen Lerntools werden auch Lernplattformen wie z. B. LinkedIn für die Weiterbildung genutzt. In unseren Interviews wurden oftmals die Vorteile der Digitalisierung betont: Mit Unterstützung von Virtual Reality wird Wissen über Prozesse und Arbeitsschritte vermittelt. Solche Trainingsformate ermöglichen die Einbettung digitaler Lerninhalte in die reale Umgebung und damit praktische Schulungen am Arbeitsplatz, bevor Kolleg:innen vor Ort eingesetzt werden. Eine starke Zunahme von Online-Weiterbildungsangeboten stellt auch das IAB fest.

Die Frage bleibt aber offen, inwieweit die notwenigen Bildungsinhalte praxisnah und praxisrelevant vermittelt werden können, ob sie entsprechend zertifiziert sind und somit einen wesentlichen Beitrag zur Deckung des Fachkräftebedarfs leisten können. Trotz vielfältiger neuer Möglichkeiten der Wissensvermittlung waren sich die Interviewpartner:innen einig, dass nach der eher theoretischen Vermittlung von Wissen die fachliche Anwendung, Vertiefung und das unternehmensspezifische Wissen im Tun – also on the job – passiert.

Nachteile aus digitalisierten oder Online-Lernformaten bestehen auch in der Form, dass der Umgang mit digitalen Technologien als Eintrittsschwelle wirken kann, weil Beschäftigte ihre Nutzung nicht gewohnt sind oder am Arbeitsplatz keinen Computer (in einer ungestörten Umgebung) zur Verfügung. Auch fehlen soziale Kontakte im Lernzusammenhang,

wodurch der Austausch über Lerninhalte erschwert wird. Zudem erfordern digitale Lernformate eine hohe Selbstdisziplin.

Nicht nur die neuen Möglichkeiten durch digitale Formate, sondern auch die veränderten Anforderungen durch die Energiewende haben zur Entwicklung neuer Lernformate bzw. zum Bedeutungsgewinn zur Vermittlung von Erfahrungswissen geführt: So werden etwa angesichts gewerkeübergreifender Themen Fortbildungsangebote in der Bauwirtschaft zum Thema Energie als zertifizierte Bildungsmodule angeboten.

Dabei ermöglicht die Modularisierung der Weiterbildungen jedem Teilnehmenden je nach Vorkenntnis und Zielvorstellungen die Nutzung verschiedener Module, die bis hin zur Facharbeiterprüfung bzw. Gesellenprüfung führen können. Das Modulsystem bietet eine hohe Flexibilität und das Potenzial, das Thema Energie im Gebäude gewerkeübergreifend anzugehen und systemisch zu betrachten.

Neue Lernformen können auch helfen, die Folgen des demographischen Wandels in der Arbeitswelt besser zu beherrschen. Mit der Verrentung der Boomer-Generation entsteht ein großer Bedarf zur Sicherung des Erfahrungswissens ausscheidender Beschäftigter.

In den Interviews wurde der Bedarf deutlich, der daraus im Hinblick auf eine systematisch-umfassende Organisation von Wissenstransfer und Wissensmanagement immer stärker in den Fokus der Personalentwicklung rücken muss. In vielen Unternehmen werden die Lösungen dafür erst langsam entwickelt, was nicht zuletzt auch am hohen Aufwand für die Dokumentation solchen Erfahrungswissens liegt. Hier kann Digitalisierung möglicherweise sehr sinnvoll genutzt werden.

Angesichts des hohen Fachkräftebedarfs und des Rückgangs der Absolventenzahlen in der beruflichen Ausbildung können veränderte Lernformen möglicherweise auch helfen, die Anforderungen des Kompetenzerwerbs mit den Interessen und Potenzialen der potenziellen Bewerber:innen zusammenzuführen. Um das Potenzial junger Menschen zu heben, die über die derzeit „regulären“ Wege nicht zu einer formalen Qualifikation finden, werden etwa neue Möglichkeiten niedrigschwelliger Angebote diskutiert, wie etwa über modular aufgebaute Einzelbausteine, die zu einem vollwertigen Abschluss führen (Hellwagner et al. 2025) – ggf. berufsbegleitend, um nicht mit gut bezahlten Helferjobs zu konkurrieren.

5.5 Kooperationen zur Qualifizierung

Überbetriebliche Kooperationen in der Aus- und Weiterbildung stellen einen wichtigen strategischen Ansatz dar, um den Herausforderungen des Arbeitsmarktes wirksam zu begegnen. In Zeiten von Digitalisierung, de-

mografischem Wandel und Fachkräftemangel können viele Unternehmen diese Problemstellungen nicht mehr im Alleingang bewältigen. Dies gilt besonders im Hinblick auf die Energiewende, bei der sich viele Technologien durch komplexe Systeme und eine hohe Innovationsdynamik auszeichnen. Die Themen Cyber-Sicherheit (Fraunhofer CINES 2024, S. 36) oder Netzstabilität sind hier als Beispiele für Handlungsbedarf benannt, der auch durch Qualifizierung adressiert werden muss.

In unseren Interviews hat sich (erwartungsgemäß) das bekannte Bild bestätigt: Die Personalentwicklung wird in den größeren Unternehmen intern systematisch und professionell vorangetrieben. Demgegenüber sind kleine Unternehmen (z. B. Handwerksbetriebe und Ingenieurbüros), auf dem Feld der Qualifizierung stärker auf externe Unterstützung angewiesen. Speziell hier bieten Kooperationen wie etwa Überbetriebliche Bildungsstätten (ÜBS) (vgl. Bauer et al. 2020) und Qualifizierungsverbünde (vgl. Dauser et al. 2022) Vorteile, darunter Kosteneinsparungen durch geteilte Ressourcen, eine optimierte Infrastruktturnutzung und gebündelte Kompetenzen, die in die Aus- und Weiterbildung einfließen können.

Von den interviewten Unternehmensvertreter:innen und Expert:innen wurden Beispiele für überbetrieblichen Kooperationen in Baden-Württemberg angesprochen, bei denen teilweise Unternehmen oder darüber hinausgehend auch öffentliche Einrichtungen, Weiterbildungsträger, Kammern, Verbände oder Gewerkschaften mitwirken. Im Hinblick auf Unternehmen kommt es dabei nicht zur Zusammenarbeit zwischen verbundenen oder in der Leistungserstellung kooperierenden Unternehmen (wie etwa Lieferanten und Kunden), sondern auch zwischen Wettbewerbern. Die Aus- und Weiterbildung wird also als Feld einer vorwettbewerblichen Kooperation auch jenseits der Arbeit der Kammern verstanden.

Die in den Interviews benannten Fälle von überbetrieblichen Kooperationen sind vielfältig und können durchaus als wirksame lokale bzw. regionale Initiativen zur Umsetzung der Energiewende verstanden werden. Drei Beispiele für rundum positiv bewertete überbetriebliche Kooperationen – teilweise unter Einbeziehung öffentlicher Einrichtungen – seien hier benannt, um die Bandbreite darzustellen.

- Ein Energieversorgungsunternehmen hat zusammen mit der Kommune und Handwerksinnungen eine Bildungsakademie für das Handwerk als sog. Kern für die Umsetzung der Energiewende gegründet. In dieser Wärmewende Akademie werden Handwerker:innen für die Installation, Inbetriebnahme und Wartung von Wärmepumpen, Photovoltaikdächer sowie im Bereich Heimenergiemanagement geschult. Die Akademie ist auch als Pilot für andere Kommunen gedacht (siehe www.waermewende-akademie.de).

- Im technischen Bereich arbeiten beispielsweise Stadtwerke mit einem Netzbetreiber im Bereich der Meisterausbildung zusammen: Die fachpraktische Ausbildung erfolgt durch die Stadtwerke und die theoretische Ausbildung durch den Netzbetreiber.
- Zur Aktualisierung von fachlichen Kompetenzen wurden in einem Unternehmen gemeinsam mit Universitäten und Bildungsträgern Fortbildungsprogramme (z. B. für die Umqualifizierung von Konstruktionsingenieure hin zu Softwareingenieure) entwickelt.

Vor allem im Handwerk ist die Kooperationsintensität hoch – in Baden-Württemberg gibt es über 60 überbetriebliche Berufsbildungsstätten des Handwerks. Schulungen in einer überbetrieblichen Organisationsstruktur sind allerdings nicht per se optimal: Dies gilt z. B. für **Herstellerschulungen**, die im Bereich des Sanitär-Heizung-Klima-Handwerks weitverbreitet sind und deren Stellenwert von den befragten Personen als ambivalent eingeschätzt wurde:

- Einerseits ist die Kopplung von System und Schulung für die Handwerker aus einer Hand durch den Hersteller eine bewährte Struktur und wird angesichts der zunehmenden Komplexität der Technik immer wichtiger.
- Andererseits folgen solche Herstellerschulungen nicht unwesentlich dem Motiv des Vertriebs und wirken so potenziell negativ auf eine technikneutrale Beratung des Kunden durch die SHK-Beschäftigten – was angesichts der zunehmenden technologischen Alternativen an Bedeutung gewinnt.

Daher sollte trotz der Bedeutung dieser Herstellerschulungen im Sinne einer nachhaltigen Weiterbildung der Beschäftigten stärker auf Technologieoffenheit und die Kompetenzen der digitalen Vernetzung verschiedener Komponenten unterschiedlicher Hersteller in einem Gesamtsystem geachtet werden. Auch Kurzschulungen wie etwa die Ausbildung zum Wärmepumpenhelper in nur zwei bis drei Monaten greifen daher – so einer der Interviewpartner – zu kurz.

Eine wichtige Funktion auf dem Feld der Qualifizierung haben **Kammern und Verbände**. Sie fördern (auch in Baden-Württemberg) die Qualifizierung von Fachkräften sowohl als eigenständige Bildungsanbieter als auch in Kooperation mit anderen Institutionen.

So betreibt etwa die Handwerkskammer Ulm das Weiterbildungszentrum für innovative Energietechnologien (WBZU), das Bildungsangebote für erneuerbare Energien (insbesondere auch Wasserstoff) anbietet und Gebäudeenergieberater:innen ausbildet. Ziel ist es, Erkenntnisse aus Forschung und Wissenschaft in die Praxis zu bringen und den Austausch

von Wissenschaft und Handwerk zu fördern. Das Angebot des WBZU richtet sich nicht nur an beruflich Eingebundene, sondern auch an sonstige Interessierte wie beispielsweise Schüler:innen und Studierende (www.wbzu.de). Das WBZU kooperiert mit Institutionen und Einrichtungen des Handwerks und mit anderen Bildungsträgern und wissenschaftlichen Einrichtungen.

Aus einem kooperativen Projekt der Handwerkskammer Ulm mit verschiedenen Partnern wie der Technischen Hochschule Ulm und der Fachhochschule Biberach ist der Weiterbildungsweg **Excellenz Handwerk** entstanden: Als vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Pilotprojekt 2020–2024 aufgesetzt, verbindet es handwerkliche und akademische Ausbildung und wird ab 2025 regulär in der Bildungsakademie der Handwerkskammer Ulm angeboten. Mittels Fortbildungen im Bereich Gebäudeautomation haben Fachkräfte aus dem Elektrohandwerk die Möglichkeit der Höherqualifizierung zum geprüften Berufsspezialist:innen oder Bachelor Professional.

Das Projekt **Horizont Handwerk** hat nicht nur die Ausbildung von Fachkräften im Blick, sondern „unterstützt Handwerksbetriebe in Baden-Württemberg bei den Herausforderungen der Zukunft“ (www.horizont-handwerk.de). Die Fachkräftegewinnung gehört dabei genauso zum Themenfeld wie Strategie und Transformation, Digitalisierung und Nachhaltigkeit (inkl. Ehrenamtsakademie für das Handwerk selbst). Getragen wird das Projekt vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg und Handwerk BW (dem Baden-Württembergischen Handwerkstag e. V.) in Kooperation mit den Handwerkskammern und den Landesinnungs- und Fachverbänden Baden-Württembergs.

Auch die Industrie- und Handwerkskammer engagiert sich bei Weiterbildung. Dies zeigen beispielsweise die „Qualifizierungen von Azubis zu Energiescouts“ oder der Online-Zertifikatslehrgang „Fachexperte für Wasserstoffanwendung (IHK)“. In den Interviews wurde beispielhaft die Kooperation zwischen einem Energieversorger und Verkehrsbetrieb genannt, die gemeinsam an der mehrtägige IHK-Fortbildungen zum Thema Wasserstoff teilgenommen haben, um eine Zulassung für den Umgang mit Wasserstoff – ähnlich einer Zulassung für LKW-Fahrer – zu erhalten.

Einen besonderen Stellenwert bei qualifizierungsbezogenen Kooperationen hat die **AgenturQ**, die 2002 von den **Tarifvertragsparteien** IG Metall und den Arbeitgeberverband Südwestmetall auf Basis des Tarifvertrags zur Qualifizierung (TV Quali) gegründet wurde. Mit der AgenturQ sollen Betriebsräte und Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie in Baden-Württemberg für die Notwendigkeit von Weiterbildung sensibilisiert und zum Thema Qualifizierung informiert, beraten und unterstützt werden. Die positiven Wirkungen solcher Sozialpartnervereinbarungen,

die es auch in anderen Bundesländern bzw. Branchen gibt, bestätigte eine Studie der Bertelsmann-Stiftung (Boockmann/Maier/Schafstädt 2021).

Die Unterstützungsangebote der AgenturQ erstrecken sich auf das Entwickeln von Modellen und Konzepten im Rahmen beruflicher Weiterbildung als auch in allen Fragen zur Umsetzung des Tarifvertrags zur Qualifizierung (TV Quali) (vgl. www.agenturq.de). Unternehmensspezifische Beratungen gehören ebenso dazu wie Informationen zu Möglichkeiten zur Förderung von Weiterbildungsmaßnahmen, die Entwicklung von Weiterbildungskonzepten für Futurskills, die von der AgenturQ in einer umfassenden Studie für die Automotiv-Industrie in Baden-Württemberg identifiziert wurden, oder Softwaretools zum Thema Digitalisierung.

Die **Landesregierung Baden-Württemberg** engagiert sich mit Projekten zur Deckung des Fachkräftebedarfs wie etwa im Rahmen der Fachkräfteallianz BW (Initiative des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg), dem „Bündnis zur Stärkung der beruflichen Ausbildung und des Fachkräftenachwuchses 2023 bis 2027“ oder dem „Kümmerer-Programm“ zur Integration von Zugewanderten durch Ausbildung. Ergänzend zu den vielfältigen Initiativen werden finanzielle **Förderungen** für Qualifizierungsmaßnahmen angeboten, wie etwa Zuschüsse für überbetriebliche Ausbildungslehrgänge, Meisterprämien, ESF-Fachkursförderungen, Aufstiegs-BAföG oder Bildungszeit.

Die hier nur beispielhaft vorgestellten Kooperationen zeigen ein großes Engagement der Akteure in Baden-Württemberg zur gemeinsamen Bewältigung des hohen Qualifikationsbedarfs im Rahmen der Transformation. Allerdings ist hiermit auch ein Problem verbunden: Nach einer Weiterbildungsumfrage der IHK Region Stuttgart wünschen sich 40 Prozent der befragten Unternehmen zur betrieblichen Weiterbildung mehr Beratung und Hilfe bei der Auswahl im „Angebots-Dschungel“ (IHK 2022). Die Eindrücke aus unseren Interviews bestätigen ebenfalls das Bild, dass Strukturen und Angebote auf dem Feld der Qualifizierung teilweise zu unübersichtlich sind, um die Potenziale optimal zu nutzen.

Zwar hat die Landesregierung Baden-Württemberg im Rahmen ihrer Ausbildungsoffensive mittlerweile einen digitalen Kursfinder aufgesetzt (www.fortbildung-bw.de), der Beschäftigte und Betriebe mittels KI beim Finden der bedarfsgerechten Weiterbildungsangebote unterstützt. Fördermöglichkeiten der Kurse können über Filterfunktionen gezielt ausgewählt werden.

Angesichts der Vielfalt der Initiativen zur Unterstützung der Deckung des Fachkräftebedarfs wäre aber möglicherweise ein umfassenderer Wegweiser zuträglicher, der neben Kursangeboten und Fördermöglichkeiten nach einer Abfrage spezifischer Voraussetzungen auch infrage

kommende Initiativen und Kooperationsstrukturen vorstellt. Letztlich geht es darum, auf dem Feld der Qualifizierung geeignete Inhalte, Organisationsstrukturen, Lernformen, Kooperationsmöglichkeiten und (finanzielle) Unterstützungsoptionen zusammenzuführen – und zwar als System, dass sich sowohl von Unternehmen wie auch von individuellen Beschäftigten sinnvoll nutzen lässt.

5.6 Weitere Ansatzpunkte und Maßnahmen zur Mobilisierung von Fachkräften

Die Erwerbspersonenzahl droht auch in Baden-Württemberg nach verschiedenen Prognosen langfristig sinken. So kommt die IHK in ihrem Fachkräftemonitor zu dem Ergebnis, dass im Jahr 2035 im Land rund 863.000 Fachkräfte fehlen werden (Baden-Württembergischer Industrie- und Handelskammertag 2021). Qualifizierung allein wird daher nicht ausreichen, um ausreichend Fachkräfte für die Energiewende zu mobilisieren.

Daher müssen auch andere Maßnahmen zur Vergrößerung des „Fachkräftepools“ und zur Fachkräftesicherung in den Blick genommen werden. Aufgrund der aktuellen Arbeitsmarktlage haben Unternehmen ihre Strategien und Maßnahmen der Personalsuche bereits verändert und intensiviert. Hierzu wurden in den Interviews viele praktische Ansätze und neue Methoden genannt. In vielen Fällen laufen diese allerdings vor allem darauf hinaus, dass sich Unternehmen im Wettbewerb, um eine immer kleiner werdende Zahl von Arbeitskräften einen relativen Vorteil zu verschaffen. Damit ist der Energiewende allerdings nicht geholfen.

In diesem Kapitel geht es um Ansätze, die dazu beitragen könnten, die Zahl verfügbarer Fachkräfte zu steigern. Dies umfasst zum einen die Belegschaft Beschäftigten aus schrumpfenden Branchen den Übergang in die wachsenden Energiewende-Branchen zu ermöglichen (Kapitel 5.6.1). Zur Deckung der Fachkräftebedarfs spielen auch Maßnahmen zur Verlängerung des Arbeitslebens eine Rolle (Kapitel 5.6.4). Als weitere Ansätze werden Maßnahmen zur Steigerung der Fachkräfteverfügbarkeit, zur Erhöhung des Frauenanteils (Kapitel 5.6.2), die Inklusion von Menschen mit Beeinträchtigungen (Kapitel 5.6.3) und die Anwerbung von Arbeitskräften im Ausland (Kapitel 5.6.5) in den Blick genommen.

5.6.1 Übergang aus schrumpfenden in wachsende Tätigkeitsfelder

Während die Energiewende in den Bereichen regenerative Stromerzeugung, Energienetze und Gebäude einen Bedarf an zusätzlichen Arbeits- und Fachkräften auslöst, der teilweise schwer zu decken ist, kommt es an anderen Stellen zu Arbeitsplatzverlusten. Dies gilt zum einen – ebenfalls im Zusammenhang mit der Energiewende – für solche energiewirtschaftlichen Aktivitäten, die mit der Nutzung fossiler Energieträger bzw. der Atomkraft verbunden sind (vgl. hierzu auch Kapitel 3.2.4). Zum anderen werden Stellen auch in ganz anderen Branchen abgebaut – entweder aus konjunkturellen Gründen oder weil auch dort ein Strukturwandel stattfindet.

Mit Blick auf solche Abbaubereiche stellt sich die Frage, ob sie Ansatzpunkte für eine systematische Mobilisierung von Fachkräften für die Energiewende sein können und wie sich dieses Potenzial ggf. Nutzen ließe. Diese Fragen spielten auch in unseren Interviews im Zuge der vorliegenden Studie eine Rolle. So wurde insbesondere auf die Automotiveindustrie hingewiesen, die in Baden-Württemberg ein hohes Gewicht hat und in der Beschäftigung durch den Wandel zur Elektromobilität, aber auch wegen der Verschiebungen in den internationalen Wettbewerbsverhältnissen unter Druck geraten ist.

Tatsächlich wird speziell die für baden-württembergische Automotiveindustrie in den kommenden Jahren ein deutlicher, strukturell bedingter Rückgang der Beschäftigung prognostiziert: Durch den Umstieg von Verbrenner- auf Elektroantriebe drohen von 2022 bis 2030 im sog. erweiterten Wertschöpfungscluster (welches induzierte Wertschöpfung z.B. im Maschinenbau einbezieht) rund 20.000 bis 45.000 Stellen (–8 bis –14 Prozent) zu entfallen, bis zum Jahr 2040 sogar mehr als 100.000 (–30 Prozent) (vgl. e-mobil BW 2023, S. 186).

Zu beachten ist allerdings, dass diese Entwicklung unter den Bedingungen des demographischen Wandels stattfindet. Im Juni 2024 waren 26 Prozent der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland 55 Jahre und älter (Bundesagentur für Arbeit 2024g, S. 18) und würden damit regulär bis Mitte 2026 ausscheiden. Daher würde der prognostizierte strukturell bedingte Stellenabbau wohl bei weitem nicht in diesem Umfang dazu führen, dass Beschäftigte aus der Automotiveindustrie nach Arbeitsplätzen in anderen Branchen suchen.

Trotzdem kann davon ausgegangen werden, dass die Anwerbung von Beschäftigten, die ihre Stelle in anderen Branchen verlieren, für Unternehmen mit energiewendebedingtem Fachkräftebedarf durchaus möglich ist. Nicht zuletzt zeigen die Ankündigungen verschiedener großer Unter-

nehmen des Automobilbaus und der Automobilzulieferindustrie zum Stellenabbau aus den Jahren 2024 und 2025, dass gerade auch in Baden-Württemberg in dieser Hinsicht ein Potenzial besteht.

Tatsächlich haben Unternehmensvertreter:innen in Interviews davon berichtet, dass sie bei der Suche nach neuen Mitarbeiter:innen gegenwärtig vom Stellenabbau in der baden-württembergischen Automotiveindustrie profitieren und speziell aus diesem Grund einen Zuwachs an Bewerber:innen im Bereich Controlling, Finanzen, Buchhaltung, Rechnungswesen und IT registrieren. Ein ähnlicher Effekt sei allerdings in relevanten gewerblich-technischen Berufsfeldern wie der Elektrotechnik bisher nicht zu spüren.

Im Zusammenhang mit der Anwerbung und Einstellung von Beschäftigten aus anderen Branchen bzw. Tätigkeitsfeldern wurden in den Interviews verschiedene Hindernisse angesprochen, darunter die Passung von Bewerber:innen zu den Qualifikationsanforderungen. Grundsätzlich ist auf der Basis der Interviews aber erkennbar, dass die Bereitschaft und Flexibilität der Unternehmen im Hinblick auf die Einstellung „branchenfremder“ Quereinsteiger:innen gegenüber der Erhebung für die Vorgängerstudie (Löckener et al. 2016) größer geworden ist. Damals wurden sogar unternehmensinterne Wechsel von Tätigkeiten in der konventionellen Strom- und Wärmeerzeugung in wachsende Bereiche negativ beurteilt.

Eine wachsende Flexibilität für Quereinstiege lässt sich auch in Stellenanzeigen mit Bezug zu Erneuerbaren Energien oder Energieinfrastruktur erkennen. Laut einer Auswertung boten Unternehmen mit offenen Stellen einen Quereinstieg in den Jahren 2022 bis 2024 ungefähr doppelt so häufig an wie in den Jahren 2019 bis 2021 (Büchel et al. 2025, S. 20). Allerdings bleiben die Möglichkeiten in engen Grenzen, v. a. bei höheren Anforderungsniveaus: Bei Stellenausschreibungen für Helfer:innen waren Quereinstiege in 9 Prozent, bei Fachkräften in 5 Prozent, bei Spezialist:innen in 3,5 Prozent (erneuerbare Energien) bzw. 2 Prozent (Energieinfrastruktur) und bei Expert:innen sogar nur in 1 Prozent der Fälle möglich.

In den Interviews wurden verschiedene Beispiele für Qualifizierungsmaßnahmen angesprochen, mit denen Unternehmen Quereinstiege oder auch Übergänge zwischen unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern im Rahmen ihrer Möglichkeiten fördern:

- Übergänge von konventioneller Energieerzeugung zur Anwendung regenerativer Energien oder Netzbetrieb können oftmals innerhalb einzelner (Energieversorgungs-)Unternehmen oder zwischen verschiedenen Tochtergesellschaften unter dem Dach eines größeren Konzerns stattfinden. Aus einem großen Unternehmen wurde über zwei- bis dreijährige Schulungen berichtet, um in solchen Fällen das erforderliche Spezialwissen für die Arbeitsfelder erneuerbare Energien oder Ener-

gienetze zu vermitteln. Das entsprechende Schulungsprogramm wird mittlerweile auch kleineren Stadtwerken bzw. Energieversorgungsunternehmen angeboten, die geringere Kapazitäten für eine derartige Personalentwicklung haben.

- Aus dem Handwerk wurde ein Beispiel benannt, das hohe Relevanz für die Integration von Migrant:innen hat. Diese sind in den meisten Fällen als Helfer:innen tätig und werden über Qualifizierungsmaßnahmen mit einer Dauer von zweidreiviertel Jahren als Anlagenmechaniker:innen geschult. Die Verkürzung der Schulungszeit im Vergleich zur Ausbildungszeit ist möglich, da die Bildungsmodule gerafft sind, was bei lernwilligen Personen und richtiger Vermittlung der Inhalte nach Auskunft der Interviewpartner:innen kein Problem ist.
- Als weiterer Ansatz wird der Erwerb von spezifischen Teilqualifikationen für Facharbeiter:innen aus verwandten Berufsgruppen unterstützt. So beabsichtigt beispielsweise ein Netzbetreiber, Facharbeiter:innen aus dem Bereich der metallverarbeitenden Industrie zu Grundlagen der Elektrotechnik zu schulen, um diese als Fachkräfte zu gewinnen. Auf die Vermittlung von Teilqualifikationen zielt auch eine Akademie ab, die durch mehrere Handwerksunternehmen in Kooperation gegründet wurde, um Quereinsteiger:innen aus anderen Branchen wie z. B. Automechaniker:innen, die technisch und handwerklich affin sind, eine Weiterbildung in einem zukunftsträchtigen Tätigkeitsfeld anzubieten.

Diese Beispiele zeigen, dass Übergänge funktionieren können, wenn sie entweder zwischen verschiedenen Bereichen innerhalb eines Unternehmens stattfinden sollen oder mit einer Aufstiegsperspektive z. B. vom/von einer Helfer:in zur Fachkraft verbunden sind. In den Fällen von (großvolumigem) Stellenabbau z. B. in Industriebranchen wie Fahrzeugbau, Maschinenbau oder Chemie liegen allerdings andere Voraussetzungen vor, indem viele Fachkräfte mit hohen Qualifikationen und überdurchschnittlichem Entgelt betroffen sind. Für solche Personen wirkt ein Übergang in ein anderes Tätigkeitsfeld eher wie das Risiko einer Abwertung, was mit zunehmendem Lebensalter immer schwerer zu akzeptieren ist.

Daher stellt sich die Frage, mit welchen Strukturen Übergänge von Fachkräften, Spezialist:innen und Expert:innen systematisch gefördert werden können, wenn es Betriebe mit (größeren) Personalüberhängen gibt. Ein Instrument hierfür könnten sog Job- oder Arbeitsmarktdrehscheiben sein. In Ludwigsburg wurde dieses Konzept im Jahr 2021 erstmals in Baden-Württemberg eingerichtet, inzwischen auch in Ostwürttemberg. Unternehmen können sich dabei in regelmäßigen virtuellen Treffen abstimmen, ob Betriebe mit Personalüberhängen Arbeitskräfte an Betriebe

mit Personalbedarf abgeben können. Mittlerweile wird eine solche Vernetzung auch in anderen Regionen des Landes aufgebaut.

Als landesweites Instrument steht seit März 2025 der Tarifvertrag zum regionalen Personaleinsatz für die Metall- und Elektroindustrie als Instrument zur Verfügung. Er wurde zwischen der IG Metall Baden-Württemberg und dem Arbeitgeberverband Südwestmetall abgeschlossen und ermöglicht den vorübergehenden Einsatz von Beschäftigten in anderen Betrieben, um Kurzarbeit und damit verbundene Einkommensverluste zu verhindern (IG Metall Baden-Württemberg 2025). In der Region Esslingen existiert sein solcher Tarifvertrag sogar bereits seit 2008. Ein wesentliches Element des Tarifvertrages ist die doppelte Freiwilligkeit: Die Beschäftigten und Unternehmen müssen dem Einsatz zustimmen.

Um den Übergang von Beschäftigten auf den Anforderungsniveaus Fachkraft, Spezialist:in und Expert:in in größerer Zahl und damit einen relevanten Beitrag zur Mobilisierung von Fachkräften für die Energiewende zu ermöglichen, dürfte eine systematische Ausrichtung solcher Instrumente auf die einschlägigen Berufe mit Engpässen (vgl. Tabelle 10) und/oder besonders hohem Bedarf (vgl. Abbildung 1 in Kapitel 3.2.3 sowie Abbildungen 2 und 3 in Kapitel 3.3.3) erforderlich sein. Für diese Zielberufe könnten Kompetenzprofile auf Basis der in Kapitel 4 zugrunde gelegten Future Skills erstellt werden, möglicherweise sogar unter Berücksichtigung von zukünftig erwartbaren Veränderungen der Anforderungen.

In einem zweiten Schritt ließen sich Berufe definieren, die im Hinblick auf die Kompetenzanforderungen bereits eine ähnliche Struktur aufweisen. Dann wäre auf dieser Basis denkbar, Beschäftigten in abgebenden Betrieben konkreter darzustellen, ...

- wie ihre Rolle und Aufgabe bei der Umsetzung der Energiewende aussehen könnten,
- in welchen Tätigkeitsfeldern und evtl. Unternehmen sie diese Rolle einnehmen könnten,
- welche Kompetenzen sie dazu ausgehend von ihren derzeitigen Berufen ggf. noch zusätzlich erwerben müssten.

In methodischer Hinsicht könnte man sich dabei an Stohr et al. 2025 orientieren, deren Verfahren zur Definition von Übergangspfaden (vom Ausgangs- zum Zielberuf) dazu allerdings umgedreht werden müsste, um für die energierelevanten Bedarfs- bzw. Zielberufe einen Kranz jeweils affiner Ausgangsberufe zu definieren und dann Übergangspfade zur Kompetenzentwicklung zu bestimmen.

Interviewpartner:innen haben immer wieder davon berichtet, dass in den Belegschaften der Unternehmen, die an der Energiewende beteiligt sind, diese berufliche Tätigkeit als besonders sinnstiftend empfunden wird

und sich mit diesem positiven Image auch externe Bewerber:innen ansprechen ließen. Es käme letztlich also darauf an, diesen Umstand als „Triggerfaktor“ zu nutzen und durch eine konkrete Vorstellung von möglichen Übergangspfaden deren Machbarkeit für Beschäftigte aus abgebenden Betrieben anderer Branchen abschätzbar zu machen.

5.6.2 Steigerung des Frauenanteils

Aufgrund des bestehenden Fachkräftemangels und der demographischen Entwicklung erscheint der geringe Frauenanteil in den für die Energiewende relevanten Bereichen (siehe Kapitel 4.6) als besonders problematisch. Unternehmen sind gut beraten, das erwartbare Stellenwachstum auch aus dem weiblichen Erwerbspersonenreservoir zu bewältigen. Die Steigerung des Frauenanteils in den betreffenden Branchen kann für das Gelingen der Energiewende große Bedeutung haben. Dies gilt vor allem für die handwerklichen Bauberufe, die als Engpassberufe für die Energiewende gelten (siehe Kapitel 4.6) und gleichzeitig eine besonders stark unterdurchschnittliche Erwerbsbeteiligung von Frauen aufweisen.

Obwohl der Fachkräftemangel von vielen Interviewpartner:innen problematisiert wurde, sind spezielle Maßnahmen zur Nutzung des Erwerbspersonenpotenzials von Frauen nicht erwähnt worden. Angesprochene Entwicklungen wie die Flexibilisierung von Arbeitszeiten, die zunehmende Akzeptanz und der Ausbau von Teilzeitarbeitsplätzen sowie die Etablierung von Homeoffice sind gleichwohl Hinweise darauf, dass sich die Rahmenbedingungen für die Erwerbstätigkeit von Frauen, die immer noch den Hauptanteil der Familienarbeit verrichten, implizite mit verbessert haben dürften. Gleichwohl besteht der insgesamt unterdurchschnittliche Anteil der Frauen in den energiewenderelevanten Berufen bisher weiter fort.

Frauen sind immer noch überwiegend in kaufmännischen Bereichen der Unternehmen tätig, erschließen sich aber zunehmend gewerbliche-technische. Auch haben Frauen einen großen Anteil an dem starken Wachstum an den IT-Berufen (Bundesagentur für Arbeit, Regionaldirektion Baden-Württemberg 2023a).

Insgesamt bieten Frauen also ein besonderes Potenzial für die Mobilisierung von Fachkräften für die Energiewende, das weder von den Unternehmen noch von den Frauen selbst ausreichend in Betracht gezogen wird. Dieses Potenzial besteht insbesondere im Hinblick auf Berufe mit den Anforderungsniveaus Spezialist:in und Expert:in, in denen der Arbeitskräftebedarf durch die Energiewende nach unseren Ergebnissen voraussichtlich am stärksten steigen wird.

Denn unter den Studienanfänger:innen lag der Frauenanteil deutschlandweit seit dem Wintersemester 2016/17 stets über der Hälfte. In der Folge gibt es an deutschen Hochschulen seit dem Wintersemester 2021/22 erstmals mehr weibliche als männliche Studierende. Gleichwohl sind die technischen Studienbereiche wie Informatik, Maschinenbau/Verfahrenstechnik, Elektrotechnik und Informationstechnik und (Wirtschafts-) Ingenieurwesen mit jeweils über 75 Prozent Männeranteil weiterhin wenig von Frauen besetzt. Dies erscheint umso problematischer, weil Studienfächer mit einer starken Ungleichverteilung der Geschlechter größere Probleme haben, den Fachkräftebedarf zu decken (CHE 2025).

Aktuell liegt der Frauenanteil im Wintersemester 2023/24 deutschlandweit bei 51 Prozent und in Baden-Württemberg bei 50 Prozent, also leicht unter dem Bundesdurchschnitt (CHE 2025). Besonderen Handlungsbedarf zur Förderung der weiblich Studierenden gibt es an den dualen Hochschulen in Baden-Württemberg: Hier liegt der Frauenanteil mit 42 Prozent deutlich hinter dem Bundesdurchschnitt (45 Prozent, siehe Kapitel 5.2.2).

Die Ursachen für die geringen Anteile von Frauen in den gewerblich-technischen und baubezogenen Berufen werden im allgemeinen historischen Rollenbildern, strukturellen Barrieren und unzureichenden Förderinstrumenten erklärt. Die Prägung geschlechtsspezifischer Berufsvorstellungen beginnt bereits im Kindesalter. Studien zeigen, dass Mädchen trotz gleicher Leistungen in MINT-Fächern seltener technische Berufe wählen. Neben Aktivitäten wie dem Girls'Day, der praktische Einblicke etwa in Handwerksberufe ermöglichen kann, erscheinen auch Reformen von Lehrplänen erforderlich, um technische Inhalte geschlechtsneutral zu vermitteln und weibliche Vorbilder stärker einzubinden.

Die Steigerung des Frauenanteils in gewerblich-technischen Berufen erfordert ein Vorgehen auf mehreren Ebenen: Frühzeitige Bildungsinterventionen, kultureller Wandel in Unternehmen, Verständnis von Diversität als Innovationstreiber und finanzielle Förderung müssen zusammenwirken. Branchenspezifische Vernetzung wie im Projekt „Frauen im Handwerk“ von HandwerkBW oder die Kontaktstellen Frau und Beruf können zentrale Hebel hierfür sein. Die Kontaktstellen beraten seit 1994 zu Themen der Umorientierung, Ausbildung und Studium und zur fachlichen Weiterentwicklung und sind keine neu entwickelte Maßnahme (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2023).

Inwieweit diese Initiativen in Baden-Württemberg über das Ziel der Gleichstellung hinaus auch bereits in die Richtung einer Fachkräftemobilisierung wirken bzw. wie effektiv sie in dieser Hinsicht sind, lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht bewerten. Das große Potenzial, dass angesichts des nach wie vor geringen Frauenanteils in vielen Berufen erkenn-

bar ist, sollte jedoch Anlass sein, weitere Verbesserungsmöglichkeiten für die Förderung der Frauenerwerbstätigkeit zu entwickeln.

Möglicherweise könnte die Wahl von Studienfächern und Berufen durch Frauen zum Gegenstand der ressortübergreifenden Gleichstellungsstrategie werden, die seit 2024 von der Landesregierung Baden-Württemberg entwickelt wird (Ministerium für Soziales, Gesundheit und Integration 2024a).

5.6.3 Inklusion von Menschen mit Beeinträchtigung

Eine aktuelle Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2025) analysiert die Arbeitsmarktsituation schwerbehinderter Menschen in Deutschland. Sie zeigt, dass die Arbeitslosenquote dieser Erwerbspersonen 2024 mit 12 Prozent fast doppelt so hoch war wie im gesamten Durchschnitt, obwohl sie im Vergleich überdurchschnittlich qualifiziert gegenüber nicht schwerbehinderten Arbeitslosen sind. So verfügt mehr als die Hälfte der arbeitslosen Schwerbehinderten (53 Prozent) über eine betriebliche, schulische oder akademische Berufsausbildung, während dieser Anteil bei Arbeitslosen ohne Schwerbehinderung bei 44 Prozent liegt.

Trotz des hohen Fachkräftebedarfs werden in vielen Wirtschaftszweigen die gesetzlichen Beschäftigungspflichten für schwerbehinderte Menschen für Arbeitgeber mit 20 und mehr Arbeitsplätzen von etlichen Unternehmen noch nicht oder nur teilweise erfüllt. So verzeichnet die Statistik für den im Rahmen der Energiewende wichtigen Bereich der Information und Kommunikation eine Nichterfüllung von 37 Prozent und eine Teilerfüllung von 39 Prozent – d. h. lediglich 23 Prozent der Unternehmen kommen der Pflicht vollständig nach.

In Baugewerbe liegen die Zahlen bei 37 Prozent Nichterfüllung und 27 Prozent Teilerfüllung und im Bereich Bergbau, Energie, Wasser immerhin auch bei 21 Prozent Nichterfüllung (Bundesagentur für Arbeit 2025). Auch wenn die Nichterfüllung etwa im Baugewerbe teilweise mit den körperlichen Anforderungen der Tätigkeitsprofile begründbar ist, so fällt doch auf, dass sich zum einen trotz fortschreitender Möglichkeiten der Entlastung von Beeinträchtigungen durch die zunehmende mechatronische Unterstützung der Leistungserstellung in den letzten Jahren die Quote kaum verändert hat.

Zum anderen bietet gerade der Bereich IT große Potenziale, Menschen mit Beeinträchtigungen zu beschäftigen, da Arbeitsplätze bedarfsgerecht gestaltet und besondere Fähigkeiten angewendet werden können. Hier liegen noch ungenutzte Potenziale zur Deckung des Fachkräft-

tebedarfs – und zur Integration der durch den Ausschluss beeinträchtigten Menschen.

Im Ländervergleich liegt die Arbeitslosenquote schwerbehinderter Menschen in Baden-Württemberg mit 9,3 Prozent unter dem Bundesdurchschnitt von 11,6 Prozent (Bundesagentur für Arbeit 2025), allerdings liegt auch die gesamte durchschnittliche Arbeitslosenquote mit 4,2 Prozent (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2025c) unter dem Bundesdurchschnitt.

Die Chancen einer Beschäftigung von Menschen mit Handicap als wertvolle Fachkräfte wird in Baden-Württemberg noch von zu wenigen Unternehmen genutzt (Bundesagentur für Arbeit, Regionaldirektion Baden-Württemberg 2023b). Ein veränderter Blick weg von möglichen Beeinträchtigungen hin zu vorhandenen Fähigkeiten wird daher vom Regionalbüro Baden-Württemberg der Agentur für Arbeit gefordert und verschiedene Unterstützungs- und Fördermöglichkeiten angeboten, wie etwa auch vom Inklusions- und Integrationsfachdienst Baden-Württemberg (www.ifd-bw.de).

Auffallend ist deutschlandweit die unterschiedliche Entwicklung in den verschiedenen Altersgruppen: Die Beschäftigung jüngerer Menschen mit Schwerbehinderungen (unter 25 Jahren) steigt seit Jahren (was für gut funktionierende Einstiegshilfen in Ausbildung und Beruf spricht) und ebenso die Beschäftigung älterer Menschen. In der Altersgruppe der 25- bis unter 55-Jährigen ist allerdings seit zehn Jahren ein jährlicher Rückgang zu beobachten (Bundesagentur für Arbeit 2025) und deutet auf einen verstärkten Handlungsbedarf hin.

Mit Blick auf die oben genannte überdurchschnittliche berufliche Qualifizierung der Arbeitslosen mit Schwerbehinderung kann durch geeignete Maßnahmen der Integration ein für die Unternehmen und die Beschäftigten wichtiges Potenzial gehoben werden. Insbesondere in großen Unternehmen (60 Arbeitsplätze und mehr) ist offenbar eine Sensibilisierung dafür erforderlich, da die Quote der Erfüllung der Beschäftigungspflicht hier mit 28 Prozent am geringsten ist (Bundesagentur für Arbeit 2025).

Insgesamt zeigt sich bei diesem Thema ein großer Überschneidungsbereich zu den Themen Ausbildungsförderung (Einstiegshilfen für besondere Anforderungen) sowie Verlängerung des Arbeitslebens im Alter, denn immerhin sind rund 21 Prozent der schwerbehinderten Menschen in Baden-Württemberg zwischen 55 bis 65 Jahre alt (KVJS 2024) und durch Erkrankung in ihrer Tätigkeit eingeschränkt – was auch häufig als Grund für Erwerbsuntätigkeit im Alter angegeben wird. Bereichsübergreifende Maßnahmenentwicklung zur Hebung des ungenutzten Potenzials zur Deckung des Fachkräftepotenzials ist hier ratsam.

5.6.4 Verlängerung des Arbeitslebens

Die demografische Entwicklung in Deutschland wirft die Frage auf, ob eine Verlängerung der Lebensarbeitszeit zu einer wesentlichen Mobilisierung von Fachkräften für die Energiewende beitragen kann. Eine pauschale Antwort ist nicht möglich, weil die Belastungen und damit Folge gesundheitliche Beeinträchtigungen in einzelnen Berufen unterschiedlich ausfallen. Der demografische Wandel und das Ausscheiden der Boomer-Generation (Geburtenjahrgänge 1957 bis 1968) aus dem Arbeitsmarkt führen auch zur Änderung im Erwerbspersonenpool, aus dem sich der Arbeitskräftebedarf zukünftig speisen lassen muss: Das Arbeitskräfteangebot schrumpft und die Beschäftigten werden älter.

Daher werden zunehmend auch ältere Menschen in den Blick genommen, um den Fachkräftebedarf zu decken. Nach einer Untersuchung der Bertelsmann Stiftung gibt es vor allem ungenutzte Potenziale in der Gruppe der Teilzeitbeschäftigte zwischen 55 und 70 Jahren sowie in der Gruppe der körperlich fitten, älteren Nichterwerbstätigen mit Rentenbezug (Buslei et al. 2024).

Das Autorenteam dieser Studie berechnet unter Bezugnahme auf Daten von Schweden als Benchmark, welche Mehrbeschäftigung sich bei einer Hebung dieses Potenzials in Deutschland eröffnen könnte. Sie ermitteln so ein (rechnerisches) ungenutztes Potenzial von mehr als 1,3 Millionen Menschen und sprechen unter Berücksichtigung möglicher Interdependenzen der betrachteten Maßnahmen von einem Potenzial von mehr als einer Million Mehrbeschäftigte (Buslei et al., S. 96).

Um dieses Beschäftigungspotenzial zu aktivieren, ist an den Gründen für die Nicht- oder Teilzeitbeschäftigung anzusetzen, die im Rahmen der Studie ausgewertet wurden. Als konkrete Hemmnisse gegen eine Vollbeschäftigung wurden hier insbesondere Krankheit, dauerhafte Erwerbsminderung, Betreuungs- und Pflegeverpflichtungen oder fehlende Verfügbarkeit von Vollzeitstellen genannt.

Um das vorhandene Potenzial der derzeit Teilzeitbeschäftigte mehr auszuschöpfen, müssten also die Gesundheitsvorsorge verbessert und altersgerechten Arbeitsplätze sowie mehr Möglichkeiten der Entlastung bei Pflege- und Betreuung geschaffen werden. Für die große Gruppe derer, die derzeit keinen konkreten Grund haben, nicht oder nicht mehr zu arbeiten, könnten stärkere finanzielle Anreize mobilisierend wirken. Die Einführung der sogenannten Rentenaufschubprämie ab 2028 soll bereits in diese Richtung wirken.

Im Rahmen unserer Interviews wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass einzelne Beschäftigte – in der Regel Fachexpert:innen – über die Rente hinaus im Unternehmen beschäftigt sind. Dabei werden sie u. a. in

befristeten Projekten eingesetzt oder für den Wissenstransfer zum Teil länger beschäftigt. In einem Unternehmen wurden gleich mehrere geringfügig Beschäftigte in der Rente eingestellt, um den Mangel an Fachkräften vor allem bei Projektleitern, leitenden Angestellten oder im kaufmännischen Bereich zu begegnen. In einem anderen Unternehmen werden verrentete Personen als wertvoller „Telefonjoker“ weiterbeschäftigt, um jüngere Mitarbeiter:innen bei Problemen zu beraten.

Insgesamt ist durchaus eine Änderung in den Unternehmen festzustellen, denn in der Befragung für die Vorläuferstudie (Löckener et al. 2016) hatten Ansätze zur Beschäftigung älterer Arbeitnehmer:innen noch keine Rolle gespielt. Der aktuelle Handlungsdruck führt also offenkundig zu einem Umdenken – eine systematische Aktivierung von älteren nichterwerbstätigen Menschen mit Rentenbezug ist aber (noch) nicht erkennbar geworden.

Damit künftig auch das gelingt, müssen entsprechende Rahmenbedingungen in den Unternehmen geschaffen werden: Dazu zählen neben attraktive Beschäftigungsanreizen insbesondere auch gute Arbeitsbedingungen wie zeitliches und flexibles Arbeiten oder auch Gesundheitsvorsorge – Aspekte, die in den Unternehmen, die sich als attraktive Arbeitgeber darstellen wollen (und müssen) – ohnehin eine Rolle spielen. Angesichts des demografischen Wandels und dem zugleich hohen Bedarf an Fachkräften müssen Unternehmen lernen mit Belegschaften, die aus mehr älteren Arbeitnehmenden bestehen als heute, auf dem Markt konkurrenzfähig zu bleiben.

Dies kann nur dann gelingen, wenn die Potenziale älterer Arbeitnehmer:innen angemessen genutzt werden. Dies ist bei weitem nicht der Fall – im Gegenteil gelten sie oft als weniger leistungsfähig, kreativ und innovativ. Diese vermeintlichen Defizite führen dazu, dass ältere Arbeitnehmer:innen – ungeachtet ihres Erfahrungswissens und sozialen Kompetenz – lange vor dem Erreichen der gesetzlichen Altersgrenze aus dem Arbeitsleben ausgegliedert werden. Sie lassen sich im größeren Umfang nur zur Deckung des Fachkräftebedarfs mobilisieren, wenn die Sicht auf ihre vermeintlichen Defizite abgelöst wird durch eine Wahrnehmung der Kompetenzen, die mit viel Erfahrung erworben wurden.

Gleichzeitig müssen Arbeitsplätze mehr als bisher nicht nur altersgerecht (etwa hinsichtlich körperlicher Belastungen), sondern altersgerecht gestaltet werden. Mit diesem Begriff verbindet sich der Gedanke, dass evtl. bestehende Defizite älterer Arbeitnehmer:innen oft auch darauf beruhen, dass diese in der Vergangenheit nicht optimal gefördert wurden, weil genügend jüngere (und billigere) Arbeitskräfte zur Verfügung standen oder eine Weiterqualifizierung mit Blick auf die noch verbleibende Lebensarbeitszeit nicht mehr lohnenswert scheint.

Unternehmen, die ältere Beschäftigte dauerhaft halten wollen, müssen das „erfolgreiche“ Altern im Betrieb schon früh unterstützen, indem sie Arbeitsbedingungen, Personalentwicklung und Unternehmenskultur gezielt auf dieses Ziel ausrichten. Entscheidend sind dabei Wertschätzung, Flexibilität, Gesundheitsförderung, die Bereitschaft zur generationenübergreifenden Zusammenarbeit sowie lebenslanges Lernen.

Für das Gelingen eines solchen Paradigmenwechsels müssen sich gleichermaßen alternde Beschäftigte wie auch Unternehmen und Weiterbildungsanbieter, etwa durch eine altersentsprechende Gestaltung von Qualifizierungsformaten einsetzen. Als besonders relevante Themenfelder mit Blick auf die Energiewende sind dabei die Förderung digitaler Kompetenzen sowie die fachliche Qualifizierung für neue Technologien zu nennen, da die Berufsausbildung etwa eines älteren Elektrikers schon lange zurück liegt und sich die Anforderungen seitdem stark gewandelt haben (Ehrentraut et al. 2024).

5.6.5 Anwerbung von Fachkräften im Ausland

Angesichts des sinkenden generellen Erwerbspersonenpotenzials in Deutschland steigt die Bedeutung ausländischer Fachkräfte. Dies gilt auch für Baden-Württemberg, wo sie mittlerweile zu einem zentralen Wirtschaftsfaktor geworden sind. Der Anteil ausländischer Beschäftigte in Baden-Württemberg lag 2023 bei 15 Prozent (Ministerium für Soziales, Gesundheit und Integration 2024b).

Die Verfügbarkeit von Arbeitskräften lässt sich also durch Zuwanderung steigern. Die Landesregierung Baden-Württemberg hat zur Unterstützung dieses Weges der Deckung des Fachkräftebedarfs eine Landesagentur für Zuwanderung (www.landesagentur-zuwanderung-bw.de) neu gegründet: Seit April 2025 können Unternehmen hier die Durchführung des beschleunigten Fachkräfteverfahrens beantragen, das eine digitale Bearbeitung des Antrages und Beschleunigung der beruflichen Anerkennung sowie weitere Beratungsangebote bietet.

Die im Rahmen dieser Studie geführten Interviews zeigen, dass die Gewinnung von ausländischen Mitarbeitenden und entsprechende zielgruppenspezifische Kampagnen in einigen Unternehmen auch tatsächlich bereits erprobt und umgesetzt werden. Die Akquirierung von Fachkräften erfolgt dabei beispielsweise über die Zusammenarbeit mit ausländischen Partnern oder Unternehmensteilen, von denen Ausbildungsabsolvent:innen übernommen werden, wobei Ausbildungsmodule ergänzt werden, um das in Deutschland erforderliche Ausbildungsniveau zu erreichen.

Auch von ersten Projekterfahrungen zur Anwerbung ausländischer Auszubildenden mittels Partnerunternehmen vor Ort wurde berichtet: Junge Menschen machen als Einstieg eine ca. einjährige Ausbildung bei einem Partnerunternehmen im Ausland, erwerben dort fachliche Grundkenntnisse, Führerschein und Sprachkenntnisse und kommen dann nach Deutschland, um ihre Ausbildung fortzusetzen und spezifisches Wissen zu erlernen. Auch wenn nur knapp die Hälfte der Projektteilnehmenden tatsächlich zur weiteren Ausbildung nach Deutschland gekommen sind, wird der Ansatz als Erfolg gewertet und weiter fortgesetzt.

In Baden-Württemberg gibt es verschiedene Unterstützungsangebote seitens des Landes und von Bildungseinrichtungen bei der Fachkräftegewinnung aus dem Ausland. Dabei geht es vorrangig um den Prozess der Anwerbung und der Weiterbildung vor Ort. In wissenschaftlichen Studien wird darüber hinaus auch die Idee internationaler Ausbildungszentren diskutiert, die potenzielle Beschäftigte für die Energiebranche sprachlich und fachlich auf den Übergang vorbereiten sollen (Ehrentraut et al. 2024).

Mit Blick auf die vielseitigen gelingenden Kooperationen von Unternehmen und auch Institutionen in Baden-Württemberg zur Ausbildungsförderung bietet sich hier ein unausgeschöpftes Potenzial für die Deckung des Fachkräftebedarfs mittels ausländischer Beschäftigter: Ähnlich wie bei Integration Community in Sachsen-Anhalt (www.rkw-sachsenanhalt.de) sollte es dabei dann nicht nur um Anwerbung ausländischer Auszubildender und Fachkräfte gehen, sondern auch um Erfahrungsaustausch und Kooperation bei der Integration im Unternehmensalltag, Sprachkursen etc.

Entsprechende Integrationsmaßnahmen sollten dabei auch die Familien mit einbeziehen, was aus einem Unternehmen auch hinsichtlich der Integration von Facharbeiter:innen z. B. aus Osteuropa durch den Einsatz firmenseitig Betreuer:innen erfolgt, die die Facharbeiter:innen und ihre Familien beim Ankommen unterstützen – eine Maßnahme, die von der Einbettung in eine unternehmensübergreifende Kooperation sicher profitieren würde.

Bzgl. der Anwerbung von Mitarbeiter:innen im Ausland wird also eine Veränderung in den Unternehmen erkennbar: In den 2015 durchgeföhrten Interviews für die Vorgängerstudie hat das Thema noch keine Rolle gespielt – es entwickelt sich aber jetzt offenbar zu einem wichtigen Weg des Recruitings. Auch wenn die Aktivitäten bisher noch eher zurückhaltend sind, stehen Kooperationen auch mit Institutionen wie Handwerkkammern im Ausland zunehmend auf den Agenden von Personalabteilungen.

Die Erfolgsaussichten der Integration von Arbeitskräften aus dem Ausland wurden in den Interviews jedoch teils auch skeptisch beurteilt: Ein Hindernis sei beispielsweise die geringe Akzeptanz bei den Beschäftigten

vor Ort englisch zu sprechen. Selbst aus einem international aufgestellten Unternehmen wurde von Hürden beim Onboarding und bei der Einarbeitung von ausländischen Mitarbeitenden sowie von sprachlichen und kulturellen Barrieren gesprochen. Gelingende Integration muss also auch bei der vorhandenen Belegschaft kulturell unterstützt werden.

Neben den praktischen Hürden im Alltag (Sprachbarrieren und Integration aber auch Wohnungssuche und Akzeptanz) müssen Unternehmen bei der Einstellung von Fachkräften aus dem Ausland auch noch etliche rechtliche und bürokratische Hürden nehmen. Die befragten Unternehmen wünschen sich vereinfachte Prozesse bezogen auf den Aufenthaltsstil und die Arbeitserlaubnis sowie schnellere Anerkennungen ausländischer Abschlüsse. Eine Forderung, die auch in zahlreichen Studien zum Thema Fachkräfteanwerbung aus dem Ausland gestellt wird (z. B. Ehrentraut et al. 2024).

Trotz der Erleichterungen (z. B. Fachkräfteeinwanderungsgesetz und Landesagentur LZF) bleibt die Beschäftigung ausländischer Personen in Deutschland für Unternehmen mit erheblichen rechtlichen, administrativen Hürden (z. B. Aufenthaltstitel, Arbeitserlaubnis, Zustimmung der Bundesagentur, Anerkennung von Anschläßen) und praktischen Hürden (z. B. Sprachbarrieren, Wohnungssuche) verbunden. Besonders für kleine und mittlere Unternehmen ist die Komplexität der Verfahren und der Bürokratie eine hohe Hürde, sodass hier Erleichterungen erfolgen sollten.

Wo und wie ausländische Fachkräfte mit Blick auf die energiewende-relevanten Berufsgruppen in großem Umfang gewonnen werden können, ist weiter offen: Welche Länder verfügen über die für die energiewende-relevanten passenden Fachkräftepools und sollten daher für die Suche gezielt ins Auge gefasst werden? Welche internationalen Jobbörsen oder Karrierenetzwerke sind geeignet? Wie können Handwerkskammern und Industrie- und Handelskammern über die Zusammenarbeit mit Unternehmen, internationalen Partnerorganisation und Behörden die Anwerbung von ausländischen Fachkräften mit energierelevanten Berufen unterstützen?

Das Werben um ausländische Fachkräfte erfordert von Unternehmen auch, ihre Attraktivitäten für diese Zielgruppe nicht nur durch andere Rekrutierungsprozesse, sondern auch auf der Ebene von Integration und Arbeitsumfeld zu steigern. Dazu zählen Maßnahmen zur Unterstützung bei der Wohnungssuche, bei Behördengängen und ggf. bei der Integration der Familie aber auch die Förderung einer offenen und wertschätzenden Unternehmenskultur, Sprachförderung und Weiterbildung sowie Mentoring für die ausländischen Fachkräfte (www.inqa.de). In dieser Hinsicht

besteht offenkundig noch viel Verbesserungsbedarf, um Personalabteilungen – speziell in kleinen und mittleren Unternehmen – zu unterstützen.

5.7 Handlungsempfehlungen zur Mobilisierung von Fachkräften im Überblick

Die vorangegangenen Ausführungen enthalten viele Ansatzpunkte zur Förderung der Deckung des Fachkräftebedarfs in Baden-Württemberg. Die wichtigsten Hebel werden auf den folgenden Seiten in Tabelle 13 als Übersicht zusammengefasst.

Tabelle 13: Übersicht über Handlungsempfehlungen

Bereich	Aspekt	Skizze	Hinweis
Stärkung der Berufsbildungswege	Schulbildung	Richtung Ausbildungsfähigkeit und Zukunftskompetenzen anpassen	
	Unterstützung beim Ausbildungseinstieg (und Verminderung der Abbruchquote)	Ansprache und Beratung im Hinblick auf Einstieg in Ausbildung stärken, z. B. durch Azubi-Botschafter:innen	
		Aktivitäten in Richtung lernschwacher oder sozial benachteiligter Schüler:innen intensivieren	TV FAF NRW als Beispiel (Tarifvertrag zur Förderung der Ausbildungsfähigkeit)
		niederschwellige Angebote konzipieren und aufbauen, z. B. modulare (ggf. berufsbegleitende) Teilqualifikation	
	Ausbildungsanwerbung seitens Unternehmen	Betonung von Sinnstiftung der Energiewende	
		Entwicklung von Konzepten und deren verbreiterte Umsetzung zur Erhöhung der Frauenquote in den energiewenderelevanten Berufen mit Ansatzpunkt in den Schulen	
		Anteil der ausbildenden Betriebe mit Ausbildungsberechtigung signifikant erhöhen, um das bestehende betriebliche Potenzial besser zu nutzen	Anteil der trotz Ausbildungsberechtigung nicht ausbildenden Betriebe in Baden-Württemberg überdurchschnittlich
	Anpassung der dualen Ausbildung an neue Technologien	Prüfung der inhaltlichen Anpassung der dualen Ausbildung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> – Anlagenmechaniker:in SHK bzgl. Wärmepumpen – Digitalisierung – Vernetzung von Systemen 	neue Kompetenzen im Bereich Wärmepumpe, Smart Home, Elektrotechnik und Kältetechnik erforderlich
		Ausstattung der berufsbildenden Schulen im Hinblick auf neue Technologien (z. B. Wärmepumpe) prüfen	
		Weiterbildung der Berufsschullehrer:innen	z. B. Wärmepumpe (Landesverband hat in den Sommerferien eine Schulung für Berufsschullehrer:innen angeboten)
	(Duales) Studium	Verringerung der Abbruchquote durch Gestaltung der Rahmenbedingungen; im ersten Schritt Analyse der Abbruchfaktoren in den relevanten Fächern	
		Erhöhung der Frauenquote in den energiewenderelevanten Studiengängen	
		Prüfung, ob Ausweitung des Landeshochschulgesetzes hinsichtlich des dualen Studiums auch auf Hochschulen jenseits der Dualen Hochschule Baden-Württemberg sinnvoll ist	
		Förderung der Besetzung der freien Stellen bei Partnerunternehmen der Dualen Hochschule Baden-Württemberg; im ersten Schritt Analyse der Ursachen für Nicht-Besetzung	

Bereich	Aspekt	Skizze	Hinweis
Förderung von Zukunfts-kompetenzen in Aus- und Weiter-bildung	Stärkung von Quer-schnittskompetenzen	Weiterbildung über inhaltlich-fachlichen Themen hinaus für den Erwerb von digitalen, prozessualen und überfachlich-persönlichen Kompetenzen	Unterstützung in dieser Hinsicht insbesondere in die Richtung von KMU
	gering Qualifizierte	Beteiligung von gering qualifizierten Beschäftigten an Weiterbildung in Betrieben in die Richtung Fachkräfte deutlich erhöhen	Gering Qualifizierte erfahren (auch in Baden-Württemberg) unterdurchschnittlich häufig Weiterbildung.
	Weiterbildungszeiten	Förderung von Weiterbildungszeiten als Rahmenprojekt	Als größten Hemmschuh für die Weiterbildung sehen knapp 60 Prozent der Unternehmen den Faktor Zeit.
	Verzahnung von Techno-logieentwicklung und Ausbildung	Angleichung von Angebot und Nachfrage von Qualifizierungen (Theorie und Praxis)	gemeinsam neue Verfahren der Identifizierung zentraler Kompetenzen entwickeln
	Digitalisierung	Förderung von digitalem Know-how auf allen Ebenen (inkl. Umgang mit großen Datenmengen und Cybersicherheit)	KI als Chance begreifen
		Faktor Mensch beachten (Förderung von kritischem und kreativem Umgang mit digitalen Möglichkeiten)	
		Förderung von digitalem Know-how bei den Ausbildenden und Lehrenden	
	Systemdenken	gemeinsame Kernausbildungsinhalte und erst dann Spezialisierung	modulare Ausbildungsbausteine
	gemeinsame Lernzentren / Kooperati-onen	Ausrichtung insbesondere auf neue Technologien, die für Energiewende hohe Relevanz haben wie dezentrale Stromerzeugung, Wärmepumpen, Digitalisierung, Vernetzung, Netzbetrieb	
	Transparenz	Verbesserung der Informationsangebote über relevante Weiterbildungsmöglichkeiten an die Adresse von Unternehmen und Beschäftigten: Initiativen, Kooperationsoptionen, Kursange-bote und Fördermöglichkeiten in einem Tool verbinden	vgl. digitalen „Förder.Weg.Weiser“ der EKIR

Bereich	Aspekt	Skizze	Hinweis
Mobilisierung von Fachkräften	Übergang von schrumpfenden in wachsende Bereiche	Transformation von bzw. in Unternehmen in die Richtung Energiewende fördern; darauf ausgerichtete Förderformate zur Beratung und Finanzierung entwickeln, die sich an Unternehmensleitungen und Betriebsräte richten; entsprechende Fokussierung bereits bestehender Angebote prüfen; Übertragbarkeit von good practise aus anderen Branchen in Baden-Württemberg bzw. anderen Bundesländern prüfen	Bestehende Angebote in BW: Innovationsgutscheine für KMU, Innovationsfinanzierung 4.0 (L-Bank), Beratungen für den Mittelstand, Beratungsgutschein „Transformation Automobilwirtschaft“, Digitalisierungsprämie Plus (MWAT), Zukunfts-Check (IG Metall) u. a. m. Konzepte in anderen Bundesländern: z. B. Betriebslandkarte „Transformation & Qualifizierung“ (IG Metall NRW)
		Nutzbarkeit von Arbeitsmarkt- bzw. Jobdrehzscheiben gezielt im Hinblick auf energiewenderelevante Engpassberufe prüfen; hierzu Auswertung bisheriger Erfahrungen in Baden-Württemberg und anderen Bundesländern	Beispiele für Anwendung: Ost-Württemberg, Ludwigsburg, NRW, Regensburg, Peine u. a. m.
		Übergangspfade für den Eintritt in energiewenderelevante Engpassberufe konzipieren, die von Beschäftigten in schrumpfenden Tätigkeitsfeldern genutzt werden können – darauf aufsetzende Umschulung / Weiterbildung	vgl. Methodik in Stohr et al. (2023)
	Ausland	Landesagentur gezielt für Anwerbung bzw. Zuwanderung von Fachkräften für die Umsetzung der Energiewende nutzen bzw. Nutzbarkeit prüfen	Start der Landesagentur im April 2025
		Auswertung der Erfahrungen von energiewenderelevanten Unternehmen im Zuge der Beantragung des beschleunigten Fachkräfteverfahrens	
		Entwicklung von gezielten Anwerbungsstrategien für die Energiewende in Kooperation zwischen Unternehmen und mit HwKn, IHKn und MWAT	z. B. Projekt zu internationalen Ausbildungszentren
		aktive Gestaltung der Integration und des Arbeitsumfeldes in Unternehmen	

Mobilisierung von Fachkräften	Frauenanteil	Förderung von Mädchen und jungen Frauen in MINT-Fächern und im Handwerk mit praktischen Erfahrungsmöglichkeiten	
		Berufsberatung anpassen (Sensibilisierung für Rollerbilder)	
		Teilzeitmöglichkeiten für Führungskräfte ausweiten	
		Schaffung bzw. Ausbau von attraktiven Arbeitsbedingungen für Frauen	
		Mentor:innen-Programme und Vernetzungsmöglichkeiten	z. B. VDI-Programm für Ingenieurinnen
		Prüfung bestehender Förderprogramme hinsichtlich Frauenförderung	
		Verbesserung der Infrastruktur für Kinder- bzw. Familienbetreuung (Vereinbarkeit von Familie und Beruf für Frauen <i>und</i> Männer verbessern)	
	Inklusion	Sensibilisierung für die Potenziale von Menschen mit Beeinträchtigungen	insbesondere in großen Unternehmen, da hier die Beschäftigungspflicht unterdurchschnittlich erfüllt
		Nutzung technischer Möglichkeiten zur Anpassung von Arbeitsplätzen und Tätigkeiten an die Bedürfnisse der Beschäftigten mit Beeinträchtigungen	s. o.
		Konzepte zur Hebung des Potenzials bereichsübergreifend erarbeiten (mit Ausbildungsförderung und Verlängerung Arbeitsleben)	
	Verlängerung Arbeitsleben	Anpassung von Arbeitsbedingungen und Weiterbildungsformaten an ältere Beschäftigte	
		Prüfung von Programmen zur Förderung der Erwerbsarbeit von Älteren	
		Hebung des Beschäftigungsvolumens bei älteren Beschäftigten durch Abbau von Hinderungsgründen (z. B. Pflege und Betreuung von Angehörigen)	
		Förderung der Weiterbildung bei älteren Beschäftigten hinsichtlich digitaler und fachlicher Kompetenzen, um die besondere Technologiedynamik der Energiewende aufzunehmen	Empirie: Weiterbildungsbeteiligung sinkt mit zunehmendem Alter.
		Paradigmenwechsel von Defizit- zu Kompetenzdenken in Unternehmen und bei älteren Beschäftigten fördern	

6. Industriopolitische Bedeutung der Energiewende in Baden-Württemberg

Mit Blick auf die Wirtschafts- und Industrieentwicklung in Deutschland und Baden-Württemberg ergeben sich durch die Energiewende verschiedene Chancen und Risiken. Chancen eröffnen sich in Form einer zukunftsorientierten, durch staatliche Maßnahmen angereizten Weiterentwicklung der Industrie in die Richtung von Produkten und Produktionsverfahren, die erstens zu den Anforderungen eines konsequenten Klimaschutzes passen und zweitens den Erfolg für den zukünftigen Export von Gütern aus Deutschland sichern können. Auf solche Chancen haben verschiedene Interviewpartner hingewiesen.

Auf der Risikoseite stehen steigende Energiekosten, die insbesondere energieintensive Industrieunternehmen im Vergleich zu ausländischen Standorten belasten. In den Interviews sind solche Sorgen mehrfach angesprochen worden. So wird befürchtet, dass die Wettbewerbsfähigkeit verloren geht und eine Abwanderung energieintensiver Produktion droht, wodurch entsprechende Güter zukünftig vermehrt importiert werden müssten.

Ziel dieses Kapitels ist die Einordnung der Energiewende aus industriopolitischer Sicht. Es werden Chancen und Risiken der Energiewende für die industrielle Entwicklung identifiziert. Auf dieser Basis wird eine Bewertung der Bedeutung der Energiewende für die Entwicklung der industriellen Wertschöpfung und Beschäftigung in Baden-Württemberg vorgenommen. Anschließend werden politische Hebel identifiziert, die genutzt werden können, um Risiken zu minimieren und Chancen möglichst umfassend hervorzuheben.

In einem ersten Schritt werden verfügbare Statistiken und Sekundärliteratur zur Analyse der Energieintensität der Industrie und der Umsätze mit Klimaschutzzügen in der Industrie Baden-Württembergs herangezogen. Diese Ergebnisse werden mit den Einblicken aus den Interviews verknüpft, wo die Gesprächspartner:innen erstens Potenziale zur Verbesserung der Energieversorgung und der Energieanwendung im Hinblick auf Kostendämpfung oder Wirkungen auf das Klima sehen und zweitens aus der Energiewende Impulse wie z. B. Innovationsanreize entstehen, durch die Marktchancen und eine Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit erwachsen können.

6.1 Quantitative Analyse der industriellen Wirtschaftsstruktur

In ihrer Funktion als Zuliefererin für die Energiewirtschaft und als Nutzerin von Energie im Rahmen von Produktionsprozessen ist die Industrie von den Chancen und Risiken der Energiewende gleichermaßen betroffen. Ein detailliertes Verständnis der strukturellen Gegebenheit in der Industrie in Baden-Württemberg ist notwendig, um die Bedeutung der Energiewende und damit einhergehenden industriepolitischen Maßnahmen einzuordnen zu können.

Die vorliegende quantitative Strukturanalyse der Industrie in Baden-Württemberg ist auf die Branchen des verarbeitenden Gewerbes fokussiert. In der Statistik werden diese Branchen durch unterschiedliche Wirtschaftszweige der Gliederung WZ 2008 in sogenannten Abteilungen, den WZ-2-Stellern (zweiziffrig) erfasst (Auflistung Tabelle 16 in Anhang 5). Die WZ-2-Steller stellen breitere Wirtschaftszweige dar und fassen verwandte Branchen zusammen.

6.1.1 Vergleichende Strukturanalyse für Baden-Württemberg

Um die Bedeutung der Energiewende und damit einhergehenden Energiepreisseigerungen für Baden-Württemberg einzuschätzen, wurde eine mehrdimensionale Branchenstrukturanalyse durchgeführt, die auf die Energiekostenanteile und das Beschäftigungsvolumen einzelner Industriebranchen aufsetzt. Hierzu werden Daten aus der Industriestatistik des Landes (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023b) sowie der Kostenstrukturerhebung für Deutschland herangezogen (Statistisches Bundesamt 2022).

Die Bedeutung der Wirtschaftszweige in Baden-Württemberg wird anhand von drei Indikatoren analysiert: dem Energiekostenanteil als Maß für die Energieintensität, dem Lokalisationskoeffizienten als Maß für die relative Bedeutung in Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschland und der absoluten Beschäftigtenzahl als Indikator für die Gesamtbedeutung. Auf dieser Basis zeigt Abbildung 7 für einzelne Industriezweige die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mittels der Blasengröße,

während die vertikale Positionierung den Energiekostenanteil und die horizontale Positionierung den Lokalisationskoeffizienten¹ abbildet.

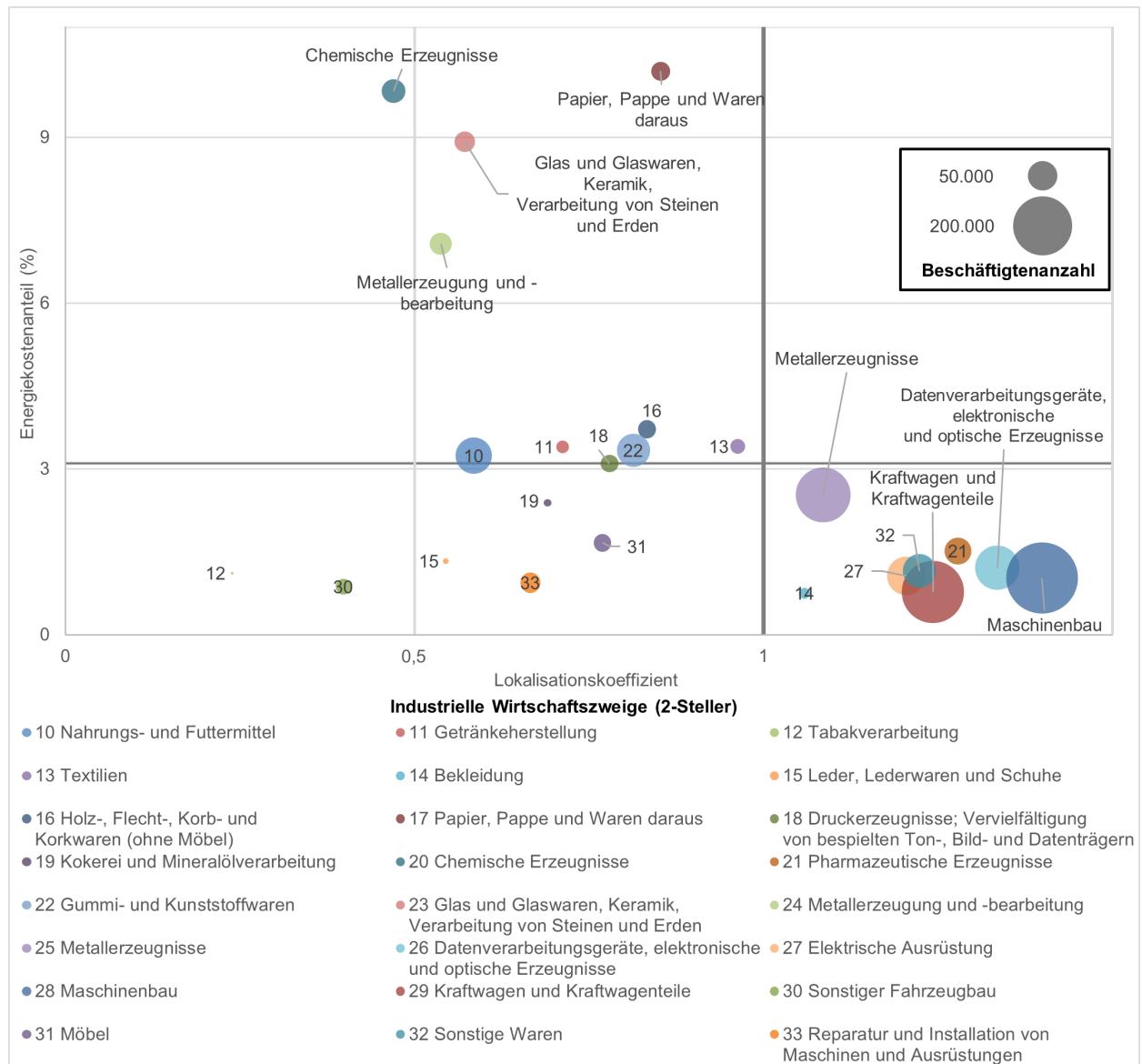
Die beiden Linien in Abbildung 7 markieren Referenzwerte und unterteilen die Grafik in vier Zonen: Die horizontale Linie kennzeichnet den bundesweiten Durchschnitt der Energiekostenanteile für die gesamte Industrie (drei Prozent) und erlaubt eine Einordnung einzelner Branchen hinsichtlich ihrer Energieintensität. Die vertikale Linie markiert den Lokalisationskoeffizienten von 1, der als Schwelle zwischen unterdurchschnittlicher (links) und überdurchschnittlicher (rechts) Bedeutung der Industriezweige in Baden-Württemberg im Vergleich zum Bund dient. Damit ergeben sich vier Zonen:

- oben rechts: Branchen mit überdurchschnittlicher Energieintensität und hoher regionaler Bedeutung.
- oben links: Branchen mit überdurchschnittlicher Energieintensität, aber geringer regionaler Bedeutung.
- unten rechts: Branchen mit geringer Energieintensität, aber hoher regionaler Bedeutung.
- unten links: Branchen mit unterdurchschnittlicher Energieintensität und geringer regionaler Bedeutung.

Diese Einteilung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der Branchen hinsichtlich ihrer energiepolitischen Relevanz und regionalwirtschaftlichen Bedeutung.

1 Der Lokalisationskoeffizient ist der Quotient aus dem Anteil der Branchenbeschäftigung in Baden-Württemberg an der Branchenbeschäftigung in Deutschland und dem Anteil der Industriebeschäftigung insgesamt in Baden-Württemberg an der Industriebeschäftigung in Deutschland.

Abbildung 7: Branchen nach Lokalisationskoeffizient, Energiekostenanteil und Beschäftigtenzahl



Anmerkungen: Energiekostenanteil ist der Anteil der Energiekosten am Bruttoproduktionswert in Euro; horizontale Linie: bundesweiter Durchschnitt der Energiekostenanteile für die gesamte Industrie; Lokalisationskoeffizient: relative Bedeutung der Wirtschaftszweige in Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschland: Wert < 1 bedeutet eine geringere Bedeutung, Wert > 1 bedeutet eine größere Bedeutung; Beschäftigtenanzahl: sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in absoluten Werten

Quelle: Bundesagentur für Arbeit 2022; Statistisches Bundesamt 2022; eigene Darstellung

Im Verlauf der Energiewende ist in der Tendenz mit steigenden Energiepreisen zu rechnen (Lutz et al. 2025), die letztlich den Investitionsbedarf im Stromsektor sowie die (politisch erwünschte) Bepreisung von Treibhausgasemissionen widerspiegeln. Für Industrieunternehmen im (internationalen) Wettbewerb kann der Energiebedarf damit zu einem Risikofaktor werden, der an Bedeutung gewinnt. Tatsächlich sind die Energiekostenanteile von 2021 auf 2022 stark gestiegen (Gornig/Kemfert 2024; Statistisches Bundesamt 2021).

Der Energiebedarf in der Industrie ist erheblich abhängig von den typischen Produktionsprozessen der jeweiligen Wirtschaftszweige (WZ). Im Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland lag der Anteil der Energiekosten am Bruttoproduktionswert im Jahr 2022 bei 3 Prozent (Statistisches Bundesamt 2022).

Im Vergleich zum Durchschnitt haben die Energiekosten in vier Wirtschaftszweigen (WZ-2-Stellern) deutschlandweit eine besonders hohe Bedeutung: Die Herstellung von Papier, Pappe und Waren (WZ 17) und die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 20) mit 10 Prozent Energiekostenanteil, die Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (WZ 23) mit 9 Prozent und die Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24) mit 7 Prozent. Alle anderen Wirtschaftszweige haben geringere Energiekostenanteile zwischen 0,8 und 3,7 Prozent.

In der Strukturanalyse zeigt sich, dass energieintensive Wirtschaftszweige für Baden-Württemberg im Vergleich zum Bund eine geringere Bedeutung in Bezug auf den Umfang der Beschäftigung haben. Die zuvor genannten vier energieintensiven Wirtschaftszweige finden sich dementsprechend in Abbildung 7 oben links wieder, während der Bereich oben rechts leer bleibt.

Dass die für die Beschäftigung in Baden-Württemberg bedeutenden Industriezweige eine geringe Energieintensität aufweisen (Abbildung 7 unten rechts), war auch bereits in der Vorgängerstudie benannt worden (Löckener et al. 2016). Damit ist ein Anstieg der Energiekosten für die gesamte Industrie in Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschland insgesamt weniger kritisch. Dies drückt sich auch darin aus, dass Baden-Württemberg zwar 15 Prozent zum Bruttoinlandsprodukt der deutschen Industrie beträgt, allerdings nur für 8,4 Prozent des bundesweiten industriellen Endenergieverbrauchs verantwortlich ist (Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder 2023).

Im Verarbeitenden Gewerbe Baden-Württembergs gab es 2022 rund 1,37 Millionen sozialversicherungspflichtige Beschäftigte (Bundesagentur für Arbeit 2022). Den größten Anteil daran hatten vier Wirtschaftszweige (Abbildung 7: unten rechts mit den größten Blasen): der Maschinenbau

(WZ 28) mit 93.000, die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29) mit 225.000, die Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ 25) mit 173.000 sowie die Herstellung von Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (WZ 26) mit 112.000 Beschäftigten.

Diese vier Branchen stellen zusammen 59 Prozent der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe und prägen somit maßgeblich die industrielle Struktur Baden-Württembergs (Bundesagentur für Arbeit 2022). Sie haben neben ihrer absoluten auch eine hohe relative Bedeutung für die Wirtschaft im Land, also im Vergleich zum Deutschland insgesamt ein überdurchschnittliches Gewicht (Lokalisationskoeffizient größer 1).

Letzteres gilt auch für die Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (WZ 27, 86.000 Beschäftigte), die Herstellung von sonstigen Waren (WZ 32, 64.000 Beschäftigte), die Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (WZ 21, 42.000 Beschäftigte) sowie die Herstellung von Bekleidung (WZ 14, 7.000 Beschäftigte), die allerdings in absoluter Hinsicht deutlich weniger Beschäftigte aufweisen.

Eine differenzierte Betrachtung der Unterkategorien der genannten Industriezweige auf Ebene der WZ-3-Steller (dreiziffrig) ermöglicht eine präzisere Unterscheidung einzelner Branchen, insbesondere auch im Hinblick auf die Bedeutung der Energiekosten. Folgende WZ-3-Steller sind dabei hervorzuheben, weil sie sowohl in Baden-Württemberg stark lokalisiert sind (Lokalisationskoeffizient größer 1) als auch überdurchschnittlich hohe Energiekostenanteile (in Prozent) haben:

- Herstellung von Zement, Kalk und gebranntem Gips (WZ 235) mit einem Energiekostenanteil von 22 Prozent
- Herstellung von Textilfasern (WZ 131) mit 4,5 Prozent
- Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung; Mechanik anderweitig nicht genannt (WZ 256) mit 4 Prozent
- Herstellung von keramischen Erzeugnissen (WZ 255) mit 3 Prozent

Insbesondere die Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung; Mechanik anderweitig nicht genannt (WZ 256) fällt durch hohe Werte in allen drei Dimensionen auf: der absoluten Beschäftigung (fast 67.000 Personen), dem überdurchschnittlichen Energiekostenanteil (4 Prozent) und dem hohen Lokalisationskoeffizienten (1,32). Diese Branche ist in Baden-Württemberg stark konzentriert, hier dementsprechend von großer Bedeutung für die Beschäftigung und besonders energieintensiv.

Letztlich bildet sie damit eine Ausnahme in einer baden-württembergischen Industrielandschaft, die ansonsten vor allem durch Branchen mit vergleichsweise geringer Abhängigkeit von Energiekosten(steigerungen) geprägt ist, die zudem mit ihren technologischen Kompetenzen teilweise

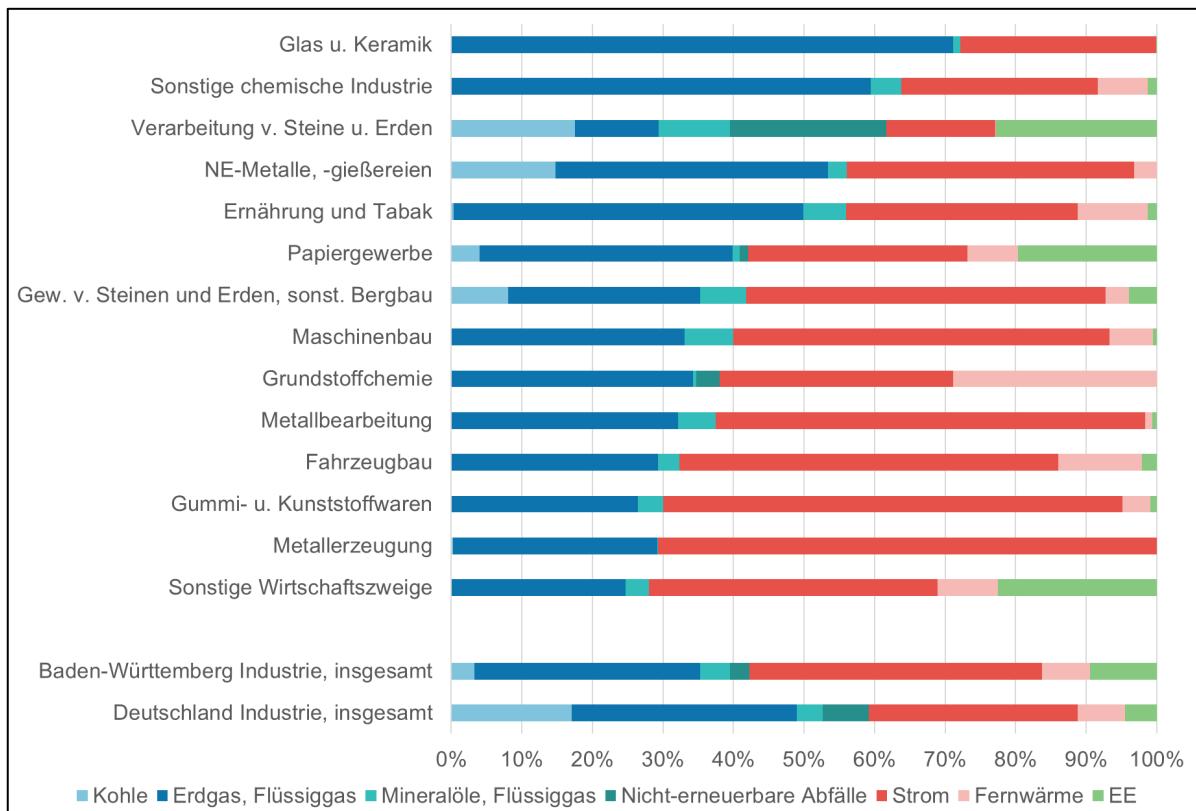
zur Energiewende beitragen können (Maschinenbau, Ausrüstungen für die Datenverarbeitung, vgl. Kapitel 6.1.3).

6.1.2 Energieträgermix und CO₂-Emissionen der Industrie

Die Analyse der Energiebilanz in Baden-Württemberg offenbart ein differenziertes Bild des Energiemix (Abbildung 8), insbesondere in den energieintensiven Industrien wie dem Papiergewerbe, der Grundstoffchemie, der Glas- und Keramikindustrie, der Verarbeitung von Steinen und Erden sowie den Nichteisen (NE)-Metallen und -gießereien. Diese Sektoren weisen eine relativ starke Diversifizierung in ihrem Energieverbrauch auf.

Eine Ausnahme ist die Metallgewinnung: Hier dominiert anders als im landesweiten Durchschnitt der Einsatz von Strom und Erdgas. Auch wird keine Steinkohle eingesetzt, da das einzige Stahlwerk im Bundesland nicht durch Verhüttung von Eisenerzen, sondern mit Elektrolichtbogenofen produziert.

Abbildung 8: Energieträgermix des Endenergieverbrauchs in der Industrie, Baden-Württemberg 2021



Anmerkung: Die Wirtschaftszweige sind absteigend nach dem Anteil nichterneuerbarer Energieträger (Kohle, Erdgas, Flüssiggas, Mineralöle und nichterneuerbare Abfälle) sortiert.
 Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023a und Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 2023

Auffällig im Vergleich zu Deutschland ist auch die insgesamt geringe Bedeutung von Stein- und Braunkohle beim Endenergieverbrauch der Industrie in Baden-Württemberg. Gleichzeitig fällt die höhere Bedeutung von Strom und Erneuerbaren Energien im Vergleich zum Bundesdurchschnitt auf. Der Einsatz von elektrischer Energie ist besonders hoch. Ein ansteigender Strompreis wäre für die Industrie in Baden-Württemberg also überdurchschnittlich bedeutsam, während steigende Kosten für die Emission von Treibhausgasen bzw. der Vermeidung die Industrie im Land insgesamt weniger treffen würden. Insgesamt ist die Abhängigkeit vom Strompreis höher als vom Erdgaspreis.

Gleichwohl spielt der Einsatz fossiler Energieträger, bei deren Verbrennung CO₂-Emissionen entstehen, für die Industrie auch in Baden-Würt-

temberg eine große Rolle. Im Jahr 2023 waren für den EU-weiten Emissionshandel bei der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt 2024) in Baden-Württemberg 142 Anlagen registriert. Fast die Hälfte davon entfiel auf die Energieversorgung (inkl. Kraftwerke der Industrie) und Raffinerien.

78 Anlagen wurden überwiegend für industrielle Prozesse genutzt, statt Energie umzuwandeln (Endenergieverbrauch). Ihre CO₂-Emissionen beliefen sich in Summe auf 4,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (DEHSt 2024), wovon rund 60 Prozent (2,8 Millionen Tonnen) alleine auf die „Verarbeitung von Steinen und Erden“ entfielen. Zweitgrößter Emittent im Sinne der Erfassung im EU-weiten Handel ist das Papiergewerbe.

Über den EU-weiten Emissionshandel hinausgehend, ist mit der schrittweisen Einführung des nationalen Emissionshandelssystems zwischen 2021 und 2024 jeder Brennstoffverbrauch aus nicht erneuerbaren Quellen mit CO₂-Abgaben belegt (DEHST 2025). Die Betroffenheit von Entwicklungen der CO₂-Preise in diesen beiden Systemen ist auf Basis bestehender Daten nicht eindeutig einzuordnen; einige Wirtschaftszweige sind stärker vom nationalen und andere stärker vom europäischen Emissionshandelssystem betroffen. Über Kompensationen sollen Doppelbelastungen ausgeschlossen werden.

In der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Bundesländer wird deutlich, dass Baden-Württemberg hinsichtlich der CO₂-Intensität der Industrie den zweitgeringsten Wert aufweist (Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder 2024). In einigen Bundesländern sind die CO₂-Intensitäten um ein Vielfaches höher. Mit dieser Größenordnung wird (trotz Unschärfen bei der Zurechnung von Emissionen zwischen Sektoren und Regionen) deutlich, dass die Industrie in Baden-Württemberg insgesamt durch ihre Branchenstruktur von Steigerungen der CO₂-Preise vergleichsweise wenig betroffen ist.

Laut den Aussagen aus den Interviews mit Gesprächspartner:innen aus Industrieunternehmen fokussiert sich die Diskussion zum Energieverbrauch zunehmend auf Transformationsmaßnahmen wie Elektrifizierung, Eigenstromerzeugung und direkte Stromlieferverträge (PPA). In Gesprächen im Zuge der Vorgängerstudie (Löckener et al. 2016) hatten Energieeffizienzsteigerungen, etwa durch Optimierung bestehender Technologien und Energiemanagement, noch klar im Vordergrund gestanden. Inzwischen geht es häufiger um die Umstellung auf neue Technologien, die eine weitgehende oder vollständige Vermeidung von Treibhausgasemissionen ermöglichen.

Ein Wechsel auf neue Technologien zur Substitution fossiler Energieträger oder zur CO₂-Abscheidung erfordert in der Regel weitaus höhere Investitionen und ist daher von grundlegender, strategischer Bedeutung. Ein entsprechend hoher Kapitaleinsatz wird von den Unternehmen daher

abgeglichen mit anderen Aspekten, die die Marktausrichtung und Wettbewerbsfähigkeit langfristig beeinflussen. So werden kapitalintensive Investitionen in klimaneutrale Produktionsverfahren teilweise auch mit der Frage verbunden, ob dies weiterhin in Baden-Württemberg oder an Standorten mit geringeren Kosten für Löhne oder Energie erfolgen sollte.

Unsicherheiten, etwa bzgl. einer zukünftigen Wasserstoffversorgung und der dabei relevanten Preise, erschweren aus Sicht der Unternehmen zudem die Planbarkeit und erhöhen das Risiko für Investitionen. Demgegenüber ist der Aufbau von Kapazitäten zur eigenen Erzeugung von grünem Strom oder der Abschluss von direkten Stromlieferverträgen risikofreier. Die hohe Bedeutung des Energieträgers Strom für die baden-württembergische Industrie erleichtert aus dieser Warte die Transformation im Zuge der Energiewende.

6.1.3 Klimaschutz als Geschäftsfeld der Industrie

Die Industrie im Bereich der Umweltschutzgüter, insbesondere der Klimaschutzgüter, hat von globalen politischen Initiativen wie dem Pariser Klimaabkommen, dem „European Green Deal“ und dem US-amerikanischen Inflation Reduction Act profitiert und ist in Deutschland in den Jahren 2019 bis 2021 – trotz der Einschränkungen durch die Corona-Pandemie – stark gewachsen (Gulden et al. 2024).

Klimaschutzgüter sind Produkte und Leistungen, die dazu beitragen, die Ursachen des Klimawandels (insbesondere den Ausstoß von Treibhausgasen) zu verringern (Statistisches Bundesamt 2024b). Dazu gehören u. a. Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien (z. B. Windkraft-, Photovoltaik-, Biogasanlagen), Energieeinsparung und Energieeffizienztechnologien (z. B. effiziente Heizungen, Wärmedämmung) und Dienstleistungen, die mit der Planung, Installation, Wartung und Beratung rund um Klimaschutzmaßnahmen zusammenhängen (Statistisches Bundesamt 2024b).

In Deutschland lag der umweltschutzbezogene Umsatz im Verarbeitenden Gewerbe im Jahr 2022 insgesamt bei 81,3 Milliarden Euro. Über die Hälfte (57 Prozent) des Umsatzes entfiel mit 46,1 Milliarden Euro auf Klimaschutzgüter (Statistisches Bundesamt 2025b). Für Baden-Württemberg fällt der Anteil der Klimaschutzgüter (6,2 Milliarden Euro) am Gesamtumsatz mit Umweltschutzgütern und -leistungen (14,4 Milliarden Euro) mit 43 Prozent etwas geringer als im bundesdeutschen Vergleich aus (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2025a).

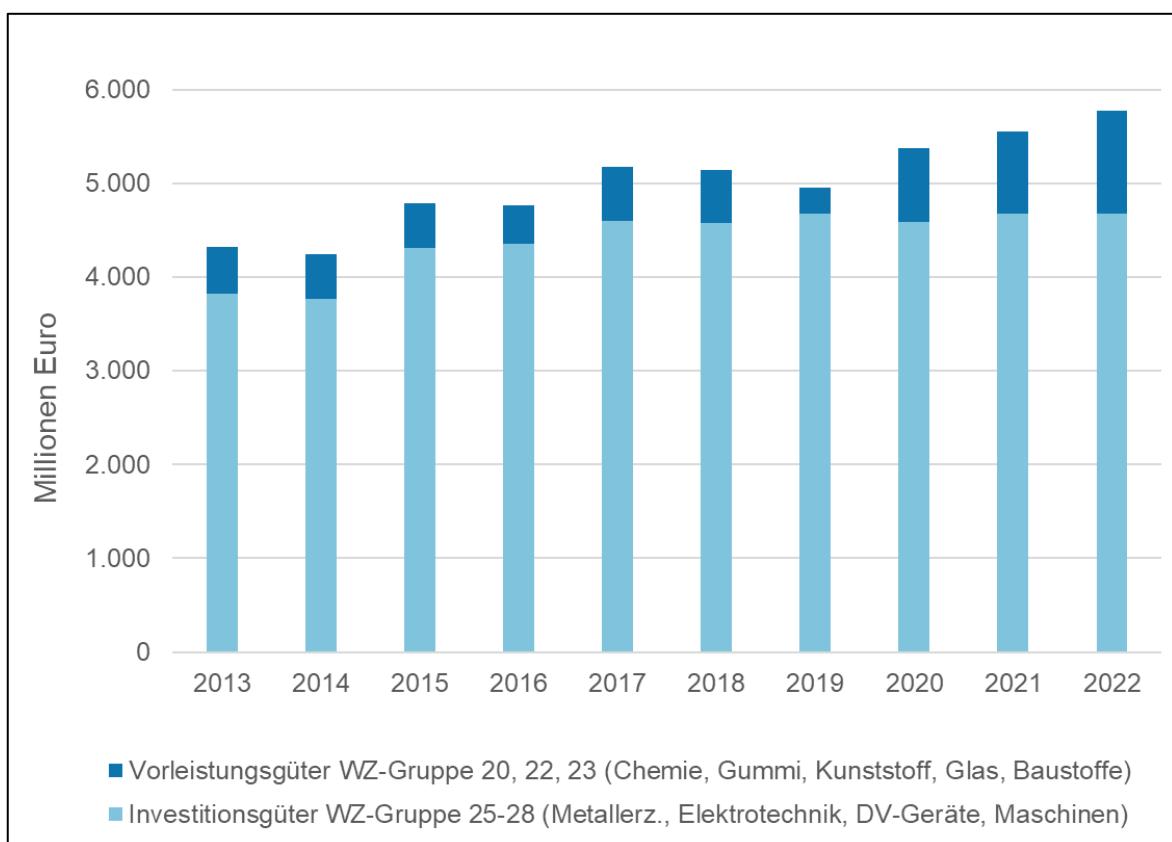
In Baden-Württemberg konzentriert sich der Umsatz mit Klimaschutzgütern hauptsächlich auf die Wirtschaftszweige Herstellung von chemi-

schen Erzeugnissen (WZ 20), Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (WZ 22) und Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (WZ 23) sowie auf die Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ 25), Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (WZ 26), Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (WZ 27) und Maschinenbau (WZ 28).

Die drei letztgenannten Industriezweige sind von besonderer Relevanz für die technologische Weiterentwicklung in der Energieversorgung und bieten beispielsweise die Kompetenzen, welche zum Ausbau von Stromnetzen, zur Erzeugung von Wasserstoff oder für die Digitalisierung benötigt werden. In dieser Hinsicht sind in Baden-Württemberg weltweit führende Konzerne (z. B. ABB, Bosch, GE oder Siemens) ebenso vertreten wie eine hohe Zahl von kleinen und mittleren, vielfach familiengeführten Unternehmen.

Dabei lassen sich zwei Hauptgruppen von Klimaschutzgütern unterscheiden: Vorleistungsgüter (WZ-Gruppe 20, 22, 23), die als Ausgangsmaterialien für die weitere Produktion dienen, und Investitionsgüter (WZ-Gruppe 25 bis 28), die zur Ausstattung von Produktionsprozessen oder zur Energieeffizienzsteigerung genutzt werden. Wie in Abbildung 9 dargestellt, ist der Umsatz mit Klimaschutzgütern der oben genannten Wirtschaftszweige in Baden-Württemberg von 2013 bis 2022 um 34 Prozent gestiegen. Dieser Anstieg ist auf die steigende Nachfrage nach umweltfreundlichen Technologien und effizienteren Produktionsprozessen zurückzuführen.

Abbildung 9: Umsatz mit Klimaschutzgütern in Millionen Euro, 2013 bis 2022



Quelle: eigene Darstellung nach Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2025a

Innerhalb des Bereichs Klimaschutzgüter für Deutschland trugen insbesondere Güter zur Energieeffizienz (30 Prozent der Gesamtproduktion) und zur Nutzung erneuerbarer Energien (17 Prozent) zum Wachstum in den letzten Jahren bei (Gulden et al. 2024). Dabei ergeben sich sektorale Schwerpunkte, da sich die Produktion von potenziellen Umweltschutzgütern auf bestimmte Industriezweige konzentriert: Maschinenbau und Anlagenbau, Gummi- und Kunststoffwaren sowie Glas und Glaswaren machen mehr als die Hälfte der gesamten deutschlandweiten Produktion aus (Gulden et al. 2024).

Ähnliche Muster zeigen sich auch im Umsatz der entsprechenden Wirtschaftszweige in Baden-Württemberg. Im Jahr 2022 machen für die Gruppe der Investitionsgüter (WZ 25 bis 28) die Umsätze mit Klimaschutzgütern (4,7 Milliarden Euro) rund 2,8 Prozent des Gesamtumsatzes (168 Milliarden Euro) der betrachteten Wirtschaftszweige aus. Für die Gruppe der Vorleistungsgüter (WZ 20, 22, 23) ergibt sich ein Anteil von

2,5 Prozent, den der Umsatz mit Klimaschutzgütern (1,1 Milliarden Euro) am Gesamtumsatz (44 Milliarden Euro) im Jahr 2022 ausmacht (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2025a).

Die Beobachtung aus den statistischen Daten wird insofern von Interviewpartner:innen aus der Industrie bestätigt, dass bei Technikherstellern und Ausrütern (Maschinen-/Anlagenbau) der Klimaschutz als Chance begriffen wird. Die Energiewende wird als ein Impuls zur Produktinnovation verstanden und innovative Produkte passen zu einem Hochlohnstandort wie Deutschland. Im Gegenzug wird der konventionellen Energietechnik, wie etwa die Produktion von Komponenten für Erdgaskraftwerke, kaum mehr eine Bedeutung in Baden-Württemberg (und Deutschland) beigemessen.

6.2 Modellbasierte Wirkungsanalysen zur Energiewende

In den folgenden Unterkapiteln werden die Wirkungen der Energiewende umrissen. Schlussfolgerungen für Baden-Württemberg werden basierend auf Studien, die sich auf Deutschland beziehen, abgeleitet. Zunächst werden die Wirkungen einer alleinigen CO₂-Preis-Erhöhung auf gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge sowie auf die Industriesektoren dargestellt (Kapitel 6.2.1). Anschließend folgt eine Wirkungsanalyse der gesamten Energiewende, die zusätzlich zu dem CO₂-Preis weitere Maßnahmen beinhaltet (Kapitel 6.2.2). Schließlich werden die Exportchancen für Energiedetechnologien im Kontext von modellgestützten Analysen dargestellt (Kapitel 6.2.3).

6.2.1 Wirkungsanalyse von CO₂-Preisen

Die Höhe der CO₂-Preise im EU-weiten Emissionshandel und im nationalen Brennstoffemissionshandel, der ab 2027 in das System EU-ETS 2 überführt wird, wirkt sich über die Energiepreise auf die Wirtschaft aus. Welche makroökonomischen und sektoralen Folgen eine Veränderung der CO₂-Preise nach sich zieht, wird in einer Studie von Lutz und Becker (2025) für das Umweltbundesamt abgeschätzt. Hier wird ein Hochpreisszenario einem Referenzszenario gegenübergestellt. Diese Studie wird im Folgenden herangezogen, um die gesamtwirtschaftlichen Wirkungszusammenhänge in diesem Kontext zu erläutern.

Im Hochpreisszenario steigt der CO₂-Preis des EU-weiten Emissionshandels bis 2030 auf 286 Euro je Tonne, womit er doppelt so hoch liegt

wie im Referenzszenario. Der CO₂-Preis im Rahmen des nationalen Emissionshandels wächst bis 2030 im Referenzszenario auf 125 Euro je Tonne an, während er sich im Hochpreisszenario auf 286 Euro je Tonne erhöht und damit an das EU-ETS angleicht (Lutz/Becker 2025).

Höhere CO₂-Preise führen über die Energiepreise in allen Wirtschaftszweigen zu höheren Produktionspreisen. Je nach Energiemix und dessen CO₂-Intensität fällt diese Steigerung unterschiedlich stark aus. Außerdem reagiert der Energieverbrauch der Branchen unterschiedlich auf Preisänderungen. Tendenziell steigt mit dem Energiekostenanteil die Notwendigkeit einer Anpassung der Produktion durch Investitionen in Technologieumstellungen oder andere Maßnahmen zur Effizienzsteigerungen. Dies geschieht allerdings in den (branchentypischen) technischen Grenzen und unter spezifischen wirtschaftlichen Bedingungen der Unternehmen wie etwa der Eigenkapitalausstattung.

Insgesamt reagieren die einzelnen Unternehmen bzw. verschiedene Industriezweige unterschiedlich auf steigende Preise für Strom oder CO₂-Emissionen. Dies spiegelt sich auf der Ebene der Industriezweige in spezifischen Preiselastizitäten wider, die in Lutz/Becker 2025 empirisch gemessen wurden. Die Elastizitäten bilden durchschnittliche Anpassungsreaktionen von Branchen auf sich ändernde Preisrelationen ab, die mithilfe der Preis- und Produktionsmengenentwicklungen sowie der Energieeinsatzmengen der Vergangenheit gemessen werden.

Die höheren Produktionspreise erschweren den Absatz, sodass die reale Produktion in der Regel niedriger liegt. Die Effekte auf die Produktion fallen jedoch nicht so stark aus wie die Effekte auf die Preise. Dies lässt sich zum einen darauf zurückführen, dass sich auch der Produktionswert in laufenden Preisen durch geänderte Vorleistungen und Endnachfrage verändert. Zum anderen können die Unternehmen einen Teil der gestiegenen Preise auf die Abnehmer überwälzen.

Einzelne Branchen können jedoch auch trotz des höheren CO₂-Preises einen leicht höheren realen Produktionswert erzielen, wenn die Produktionspreise unterdurchschnittlich ansteigen und sich dadurch ein Teil der Nachfrage auf diese relativ günstigeren Produkte verlagert.

Auf die Beschäftigung wirken höhere CO₂-Preise hauptsächlich über zwei Wirkungskanäle, die gegensätzliche Effekte haben: Auf der einen Seite dämpfen CO₂-Preise die reale Produktion und damit den Arbeitskräftebedarf. Auf der anderen Seite ergibt sich im Modell durch die preisteigernde Wirkung des Emissionshandels eine Senkung der Reallöhne und *ceteris paribus* eine Erhöhung der Beschäftigung, da die Unternehmen dann mehr Arbeitskräfte beschäftigen können. Im Hochpreisszenario von Lutz und Becker (2025) wirkt der Produktionseffekt stärker, sodass

die Beschäftigtenzahl in der Regel in einem Spektrum zwischen 0,1 und 0,8 Prozent im Jahr 2030 niedriger liegt.

Darüber hinaus zeigt die gesamtwirtschaftliche Analyse keinen eindeutigen Unterschied zwischen energieintensiven und nicht-energieintensiven Industriezweigen hinsichtlich der Wirkung steigender CO₂-Preise auf die Beschäftigung. Grund ist die stärkere Exportabhängigkeit, die Maschinen- und Fahrzeugbau trotz geringen Energiekostensteigerungen deutlich trifft (Lutz/Becker 2025). Insgesamt ergeben sich trotz struktureller Unterschiede zwischen Deutschland und Baden-Württemberg sehr ähnliche Wirkungen steigender CO₂-Preise auf die industrielle Beschäftigung.

Die Analyse von Lutz und Becker (2025) zeigt, dass selbst eine starke Erhöhung der CO₂-Preise zwar einzelne sektorale Preise oder Produktionen stark beeinflussen kann, gesamtwirtschaftlich betrachtet die Erhöhung als alleinige Maßnahme allerdings nur eine leicht negative Auswirkung auf die industrielle Beschäftigung hat. Auf gesamtwirtschaftlicher Ebene schwächen die höheren Produktionspreise die Wettbewerbsfähigkeit der inländischen Unternehmen, wodurch die Exporte niedriger liegen als im Referenzszenario.

Allerdings ist dieses Ergebnis mit Vorsicht zu bewerten, da das eingesetzte nationale Modell hier an seine Grenzen stößt. Eine Erhöhung des CO₂-Preises im EU-weiten Emissionshandel würde die Produktion in der gesamten EU verteuern, was die einzelnen Mitgliedsstaaten je nach strukturellen Gegebenheiten (z.B. Energiemix der Industrien) unterschiedlich stark beeinflusst. Das könnte deutsche Exporte zusätzlich schwächen. Andererseits wird ein Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) nicht im Modell abgebildet, der wiederum eine Abmilderung der negativen Exporteffekte der deutschen Industrie gegenüber Staaten außerhalb der EU zur Folge haben dürfte.

6.2.2 Wirkungsanalyse einer gesamtheitlichen Betrachtung der Energiewende

Der CO₂-Preis ist nur eines der vielen Instrumente und Maßnahmen, die zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen eingesetzt wird. Eine gesamtheitliche Betrachtung der Transformation hin zu Klimaneutralität berücksichtigt weitere Maßnahmen wie Investitionsbedarfe für Anlagen erneuerbarer Energien. Zur Rolle von Energiepreisen im Instrumentenmix zur Erreichung der Klimaschutzziele vgl. ausführlich Hünecke et al. (2025). Danach sind weitere Instrumente zur Erreichung der Klimaziele notwendig, die sich nicht alle gut in Modellen abbilden lassen.

Ein Szenario, das neben Preisinstrumenten auch Investitionsbedarfe berücksichtigt, wird in der Studie von Lutz et al. (2025) berechnet und einer Referenzentwicklung gegenübergestellt. Für die Analyse wird angenommen, dass die Investitionen in Klimaschutz zusätzlich getätigt werden und nicht etwa andere Investitionen, die im Referenzszenario geplant sind, verdrängen. Da vieler dieser Güter von der deutschen Industrie hergestellt werden, wirkt sich dies für sich genommen positiv auf Nachfrage, Produktion und Beschäftigung aus.

Da in dem Klimaschutzszenario mehrere Maßnahmen gleichzeitig angesetzt werden, überlagern sich die resultierenden Effekte und lassen sich nicht einzeln den Szenarioeinstellungen zuordnen. Insgesamt ergibt sich ein positiver Effekt auf die Wirtschaftsleistung, die sich auch auf die Einkommen privater Haushalte steigernd auswirkt und damit einen höheren privaten Konsum gegenüber dem Referenzszenario generiert.

Wie bei den höheren CO₂-Preisen (siehe Kapitel 6.2.1) führt auch die gesamtheitliche Analyse der Energiewende zu höheren Preisen: Die Effekte auf die Produktionspreise sind dabei am höchsten. Davon wird ein Teil an die Konsument:innen überwälzt. Auch an die Exportpreise wird die teurere Produktion teilweise weitergegeben². Unter dieser Annahme bewegen sich die Exporte infolge der höheren inländischen Produktionspreise und höheren Exportpreise auf einem niedrigeren Niveau, während die Importe höher liegen, welche zusätzlich durch die höhere Inlandsnachfrage angehoben werden.

Auf sektoraler Ebene zeigt sich die Erhöhung der Produktionspreise in allen Industriezweigen. Die Effekte auf die reale sektorale Produktion sind mindestens bis 2035 trotz der höheren Preise positiv. Damit grenzen sich die Wirkungen von umfassenden Klimaschutzmaßnahmen von denjenigen infolge einer Erhöhung der CO₂-Preise als alleiniges Instrument ab: Insbesondere die höheren Investitionen führen im Klimaschutzszenario zu einer Anhebung der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage, die von einer höheren Industrieproduktion gedeckt werden muss und die somit den negativen Effekt durch die höheren Preise überwiegt.

Abbildung 10 stellt die Effekte des Klimaschutzszenarios aus Lutz et al. (2025) auf die Beschäftigung in Deutschland dar. Die Wirkungen auf die industrielle Beschäftigung gegenüber der Referenzentwicklung sind bei einem zeitlichen Horizont bis 2030 leicht positiv. Auch im Transportsektor sowie bei den unternehmensnahen und sonstigen Dienstleistungen sind mittelfristig positive relative Effekte in ähnlicher Größenordnung

2 Die Importpreise verändern sich gegenüber dem Referenzszenario kaum, was an den Limitationen des eingesetzten Modells liegt: Das nationale Modell berücksichtigt ausschließlich Veränderungen im Inland, höhere CO₂-Preise des EU-ETS in den anderen EU-Länder werden nicht einbezogen.

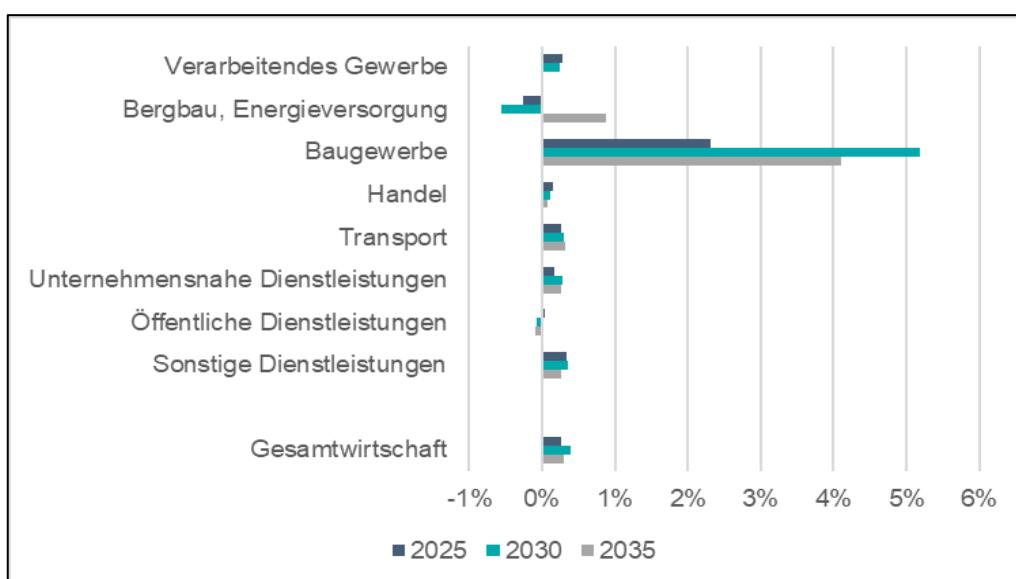
erwartbar. Am meisten profitiert das Baugewerbe mit Abweichungen bis zu fünf Prozent im Klimaschutzszenario.

In den Wirtschaftszweigen des Bergbaus und der Energieversorgung ergeben sich zunächst negative Effekte auf die Beschäftigung, da die Energiewende eine geringere Nachfrage fossiler Produkte nach sich zieht. Nach 2030 wirkt sich die Elektrifizierung jedoch positiv auf die Nachfrage und Wertschöpfung und damit auf die Beschäftigung der Energieversorgung aus.

Auf makroökonomischer Ebene resultieren bis 2040 positive Effekte insbesondere bei den Ausrüstungs- und Bauinvestitionen, die sich jedoch zum Ende des Betrachtungszeitraums ins Negative umkehren, da im Klimaschutzszenario bis dahin die Klimaneutralität erreicht ist und dadurch im Jahr 2045 weniger gesamtwirtschaftliche Investitionen notwendig sind.

Trotz der negativen Effekte in einzelnen Branchen ergibt sich auch langfristig bis 2045 insgesamt ein zwar geringer, aber positiver Effekt auf die Beschäftigung in Deutschland. Dabei wirkt die höhere Produktion positiv auf die Beschäftigung. Höhere Preise und infolge höherer Preise und Produktion auch etwas höherer Löhne reizen Produktivitätssteigerungen an und wirken leicht negativ auf die Beschäftigtenzahl, sodass sich in einzelne Branchen auch negative Wirkungen zeigen. Dabei ist zu bedenken, dass zugleich die Reallöhne ansteigen.

Abbildung 10: Relative Abweichung der Beschäftigung in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an das Klimaschutzszenario in Lutz et al. 2025

Vergleichbare Szenarienanalysen kommen für Deutschland zu ähnlichen Ergebnissen zur Wirkung des Klimaschutzes und zu Brancheneffekten (Lutz et al. 2018; Mönnig et al. 2020; Zika et al. 2021). Weitere enthalten auch Ergebnisse für die Bundesländerebene (Sievers et al. 2019; Ulrich et al. 2023; Ulrich/Naegele et al. 2022) und finden ähnliche Muster bei der räumlichen Verteilung der Effekte.

Bundesländer, in denen die Wirtschaft stärker von (inländischen) Investitionen abhängt und in denen das Baugewerbe und personenbezogene Dienstleistungen einen hohen Anteil haben, profitieren stärker in Klimaschutzszenarien, die von entsprechenden Investitionen geprägt sind. Bundesländer mit hoher Bedeutung exportorientierter Industrien haben geringere positive Abweichungen (Sievers et al. 2019; Ulrich et al. 2023; Ulrich/Naegele et al. 2022).

Entsprechend zählt Baden-Württemberg in diesen Szenarioanalysen nicht zu jenen Bundesländern, die strukturell stärker vom (nationalen) Klimaschutz profitieren als andere. In der Regel wird in den Szenarien jedoch auch davon ausgegangen, dass sich die regionale Verteilung der Investitionen nicht grundlegend verändert und dass aus dem Außenhandel keine zusätzlichen Impulse generiert werden.

6.2.3 Exportchancen Energiewendetechnologien

Die wesentliche Stärke Deutschlands bei den Exporten des Maschinenbaus und der Elektronikindustrie beinhaltet eine Vielzahl an Energietechnologiegütern. Diese Industrien machten im Jahr 2018 damit mehr als 700 Milliarden Euro der deutschen Exporte aus (Lehr et al. 2020) und sind insbesondere in Baden-Württemberg stark vertreten.

Der Anteil der Güter für erneuerbare Energien an den deutschen Exporten betrug im Jahr 2018 noch rund drei Prozent. Schalttafeln, Stromrichter, Maschinengehäuse, sonstige Maschinen sowie PV-Zellen und Module waren dabei die am meisten exportierten Güter. Von den Gütern zur Nutzung erneuerbarer Energien wird ein Großteil von rund 60 Prozent nach Europa und Zentralasien sowie knapp zehn Prozent in die Region Ostasien und Pazifik exportiert (Lehr et al. 2020).

Von 2016 bis 2021 stiegen Deutschlands Weltexporte von Energiewendetechnologien nominell um fast 40 Prozent, sodass 2021 Deutschlands Welthandelsanteil 12 Prozent betrug. Damit war Deutschland nach China (20 Prozent) der zweitgrößte Exporteur weltweit, gefolgt von den USA (9 Prozent). Im internationalen Handel mit Umweltschutzgütern hat sich Deutschland damit zwar behauptet, hat aber im Gegensatz zu China zuletzt leicht an Welthandelsanteil verloren (Gulden et al. 2024).

Weltweit bleiben für die Nutzung erneuerbaren Energien weiterhin die Solarenergie (56 Prozent) sowie die Windenergie (40 Prozent) die Investitionsschwerpunkte. Sie machten im Jahr 2024 bereits 15 Prozent der globalen Stromproduktion aus und bis 2030 wird ein Anstieg auf 30 Prozent erwartet (International Energy Agency 2024b). Die größten Anteile an den globalen Investitionen haben weiterhin China, Europa und die USA, wohingegen in Entwicklungs- und Schwellenländern, mit Ausnahme von Brasilien und Indien, die Investitionen stagnieren (Gulden et al. 2024).

Der weltweite Markt für Energietechnologiegüter dürfte in den nächsten zehn Jahren jährlich um bis zu zehn Prozent wachsen (International Energy Agency 2024a). Treiber sind die weltweite Verbreitung von Clean-Energy-Lösungen und die Digitalisierung von Energiesystemen (International Energy Agency 2024a).

Exportaktivitäten im Bereich erneuerbarer Energien haben nach früheren Studien langfristig positive Effekte auf den deutschen Arbeitsmarkt (Lehr et al. 2011). Neben inländischen Investitionen, Substitutions- und Preiseffekten wurden auch verschiedene Exportszenarien berücksichtigt. Selbst bei schwacher Exportentwicklung und ungünstigen Preisannahmen zeigt sich langfristig ein positiver Nettoeffekt (Lehr et al. 2011). Die weltweite wachsende Nutzung regenerativer Energien bietet damit Chancen für die Industrie.

Der internationale Handel mit Clean-Energy-Technologien variiert je nach Reifegrad: Während Photovoltaik stabile Muster zeigt, sind neue Technologien wie Elektrolyseure oder Wärmepumpen volatiler und einerseits anfälliger für Produktionsverlagerungen ins kostengünstigere Ausland (Hembach-Stunden et al. 2024). Auch Unternehmen berichten, dass Deutschland bei Massenmärkten wie PV kaum noch wettbewerbsfähig ist.

Andererseits können Standortvorteile bei der Innovation zugunsten deutscher Standorte wirken. Zudem spielt die Versorgungssicherheit zunehmend auch bei den Ausrüstungen für die Nutzung erneuerbarer Energien eine Rolle, etwa im Hinblick auf den Zugang für die Fernsteuerung von PV-Anlagen. Insgesamt ist der Wettbewerb auf dem Weltmarkt für Clean-Energy-Technologien schwieriger geworden als noch vor zehn Jahren. Die Förderung wichtiger Kompetenzen, die in einem innovativen Umfeld für die industrielle Energiewende wichtig wären, wird daher zu einer industriepolitischen Aufgabe.

6.3 Zusammenfassung und Einordnung

In Baden-Württemberg haben energieintensive Industriebranchen eine relativ geringe Bedeutung für die Beschäftigung, während die wichtigsten Industriezweige wie insbesondere der Maschinenbau und der Fahrzeugbau relativ geringe Energiekostenanteile aufweisen. Steigende Kosten für Energie oder CO₂-Emissionen führen daher in der baden-württembergischen Industrie auf der Ebene einzelner Unternehmen im Durchschnitt seltener zu Problemen mit der Wettbewerbsfähigkeit als in anderen Regionen Deutschlands. Einzelne spezielle Industriezweige mit hoher Energieintensität und hoher relativer Bedeutung fallen in Baden-Württemberg insgesamt nicht stark ins Gewicht.

Gleichzeitig weist die Industrie in Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschland einen geringeren Kohleanteil und höhere Anteile an Strom und erneuerbaren Energien im Endenergieverbrauch auf. Sie ist daher vergleichsweise stark vom Strompreis abhängig, wodurch Veränderungen im Strommarkt und an dessen Preisregulierungen eine hohe Bedeutung haben. Die Diversifizierung des Energiemixes ist in den energieintensiven Industrien wie Papier sowie Glas und Keramik besonders hoch. Hier entstehen auch die höchsten CO₂-Emissionen in Anlagen, die im EU-weiten Zertifikatehandel registriert sind.

Insgesamt zählt Baden-Württemberg zwar zu den Bundesländern mit der geringsten CO₂-Intensität im Industriesektor. Dies sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass heute noch 42 Prozent der Endenergie in der Industrie im Land direkt aus nicht-erneuerbaren Energieträgern gewonnen wird. Steigende Kosten für CO₂-Emissionen werden damit auch zu steigenden Produktionskosten führen und die besonders stark betroffenen Unternehmen vor die Aufgabe stellen, in Anlagen zur (deutlichen) Minderung der Treibhausgasemissionen zu investieren.

Die Industrie zur Erzeugung von Klimaschutzgütern hat in Deutschland von globalen Initiativen wie dem Pariser Klimaabkommen und dem European Green Deal profitiert und ist auch während der Corona-Pandemie stark gewachsen. Der Umsatz mit Klimaschutzgütern hat sich von 2012 bis 2022 verdoppelt. Besonders bedeutend sind Güter zur Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien. Viele Industrieunternehmen sehen den Klimaschutz als Chance für Produktinnovationen.

Demgegenüber hat die Herstellung konventioneller Energietechnik wie etwa Kesselanlagen oder Turbinen – gerade auch in Baden-Württemberg – in den vergangenen Jahren bereits deutlich an Bedeutung verloren. In unseren Interviews wurde darauf hingewiesen, dass hierzu neben der europaweit gesunkenen Nachfrage nach fossil befeuerten Kraftwerken auch Verlagerungen und Konzentrationsprozesse innerhalb der

Standortstrukturen international tätiger Konzerne beigetragen haben. Aus industrie-politischer Sicht wäre es wünschenswert, wenn die in Baden-Württemberg (noch) bestehenden Kompetenzen im Bereich von Gaskraftwerken zukünftig für den Bau von Wasserstoffkraftwerken genutzt würden.

Damit steht der Bereich der konventionellen Kraftwerkstechnik exemplarisch für den Umstand, dass neben der anwachsenden Beschäftigung, die durch Investitionen in Energiewendetechnologien entsteht (Bruttobeschäftigung), auch Effekte der Energiewende berücksichtigt werden müssen, durch die Wertschöpfung und Beschäftigung gedämpft werden. Solche Effekte können aus höheren Produktionskosten mit der Folge von nachlassender Nachfrage oder aus einer Verdrängung anderer Investitionen resultieren. Die sich so ergebende Nettobeschäftigung der Energiewende ist gesamtwirtschaftlich in der Regel geringer als die Bruttobeschäftigung – dies gilt auch für Baden-Württemberg.

Zur Abschätzung der Nettoeffekte werden auf Grundlage gesamtwirtschaftlicher Modelle die Wirkungen mindestens zweier integrierter Szenarien verglichen. Mit der weitreichenden Verankerung des Klimaschutzes in Bundes- und Landesgesetzen wird die Definition eines Alternativszenarios aus einer wissenschaftlichen Warte immer herausfordernder.

Unterschiede zwischen einem Klimaschutzszenario und einer Alternativentwicklung sind auf Faktoren wie z. B. das Ambitionsniveau im Klimaschutz, die Sektoraufteilung, die CO₂-Minderungsziele, den Instrumentenmix und die Finanzierung begrenzt. Weil darüber hinaus viele EE-Technologien heutzutage ähnlich geringe Stromgestehungskosten wie konventionelle Kraftwerke haben, wird der Abstand zwischen dem gesamtwirtschaftlichen Netto- und Bruttoeffekt immer geringer.

Der kritische Punkt ist die Wirkung von steigenden Kosten für den Energieeinsatz und die Treibhausgasemissionen auf die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie. Allerdings spielen auch andere Faktoren eine große Rolle, wie am Beispiel des kriegsbedingten Energiepreisseigerung in den Jahren 2022/2023 deutlich geworden ist. Die dadurch ausgelösten Schwierigkeiten für viele energieintensive Betriebe zeigen gleichermaßen die Risiken steigender Energiepreise durch die Energiewende als auch die Risiken einer Abhängigkeit von (zwangsläufig importierten) fossilen Energieträgern auf. Diese differenzierte Sichtweise spiegelte sich auch in den Interviewaussagen wider.

Zwar haben hohe Energiepreise eine negative Wirkung auf die Beschäftigung. Aber zum einen lässt sich die Preiskomponente „Klimaschutz“ dabei schwer isolieren, zumal der Klimaschutz in anderen Ländern und weitere außenwirtschaftliche Effekte eine wichtige Rolle spielen. Und zum anderen vermindert Ablösung fossiler Energieträger durch eine

Elektrifizierung von Prozessen die Importabhängigkeit Deutschlands auf dem Feld der Energieversorgung.

Ähnlich ist es auf der Nachfrageseite bzw. den Exporten: Beteiligung am technologischen Fortschritt in Klimaschutztechnologien funktioniert besonders gut in einem starken Binnenmarkt für Technologien und Dienstleistungen, mit denen der Klimaschutz und die Energiewende vorangetrieben werden. Eine gesamtwirtschaftliche „Bilanzierung“ erfordert auch eine Berücksichtigung der Exportchancen, die sich aus dem ambitionierten Klimaschutz ergeben können. Baden-Württemberg könnte hier durch die Stärke in der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (WZ 26) sowie von elektrischen Ausrüstungen (WZ 27) und des Maschinenbaus (WZ 28) profitieren.

Es dürfte sich gerade in Baden-Württemberg lohnen, in dieser Hinsicht über die Industrie hinauszudenken: Die wirtschaftliche Entwicklung des Landes kann durch weitere Bereiche wie die starke IT- und Softwarewirtschaft in besonderer Weise von der Energiewende profitieren. Gleichermaßen gilt mit Blick auf verschiedene einschlägig spezialisierten Forschungs- und Entwicklungsinstitute. Gerade zu neuen Technologien, die eine hohe Innovationsdynamik aufweisen, sind Impulse aus der Wissenschaft wertvoll – dies gilt sowohl für den Wissenstransfer in etablierte Industrieunternehmen wie auch im Hinblick auf Neugründungen und Start-Ups, die bereits im Umfeld von Instituten erkennbar werden.

In Kapitel 3 wurde aufgezeigt, dass mit der Energiewende in Form der Klimaschutz-Sektorziele deutliche Nachfrageimpulse in Baden-Württemberg gesetzt werden, die sich positiv auf die Wirtschaft auswirken. Die Bruttobeschäftigung könnte bis 2030 um 38.000 Beschäftigte steigen.

Studien zu gesamtwirtschaftlichen Nettoeffekten machen deutlich, dass bis 2030 für Deutschland gesamtwirtschaftlich positive Wirkungen im Kontext des Klimaschutzes zum Tragen kommen dürften. Dies ist auch für Baden-Württemberg zu erwarten. In den Interviews wurde als wichtige Voraussetzung für solche positiven Effekte ein verlässlicher Kurs beim Klimaschutz benannt, damit Unternehmen sich an die Veränderungen effektiv anpassen können. Dies betrifft die Entwicklung von Innovationen für aussichtsreiche, wachsende Geschäftsfelder sowie die Anpassung ihres Energieeinsatzes an veränderte Energiepreise, etwa durch Investitionen in alternative Technologien oder eine Eigenstromerzeugung.

Verschiedene Interviewpartner:innen haben allerdings eine fehlende Effizienz und Verlässlichkeit bei der Energiewende und dem Klimaschutz bemängelt. Hierbei geht es vielfach um Weichenstellungen, die auf Bundesebene vorgenommen werden müssen. Gleichwohl wurden auch Themen genannt, die sich auf landespolitischer Ebene beeinflussen oder re-

geln lassen, etwa Genehmigungsprozesse für Energie- und Industrieanlagen oder der Ausbau der Energieinfrastruktur.

Neben dem Ordnungsrecht könnten dabei in industrie-politischer Perspektive auch „weichere“ Instrumente wie etwa die Förderung von Kooperationen eingesetzt werden. Da kleine und mittlere Unternehmen für die bisher vorherrschenden Energieversorgungskonzerne als Anbieter von PPA anscheinend als Kunden wenig attraktiv sind, könnten hier Stadtwerke eine industrie-politische Rolle einnehmen.

In den Interviews werde mehrfach darauf hingewiesen, dass die Energiewende nicht nur aus der Warte der Energiepolitik und des Klimaschutzes bewertet und vorangetrieben werden sollte, sondern auch industrie- und beschäftigungspolitisch ausgestaltet und genutzt werden sollte. Damit waren zwar teilweise auch warnende Hinweise auf die Folgen von zu hohen Energiekosten verbunden – überwiegend ging es aber um die Nutzung von Innovationschancen und eine pragmatische Herangehensweise an Engpässe, die sich gerade bei der technischen Ausrüstung der Energiewende abzeichnen und durch die baden-württembergische Industrie behoben werden können (z. B. Lieferengpässe bei Transformatoren).

7. Abschluss und Fazit

Der Bericht analysiert die Auswirkungen der Energiewende auf die Entwicklung von Beschäftigung und Arbeit in Baden-Württemberg, um sektoriübergreifende Potenziale und Herausforderungen in den Bereichen Industrieentwicklung und Fachkräfteverfügbarkeit zu identifizieren. Dabei stehen die Wechselwirkungen zwischen industrieller Struktur, technologischer Transformation sowie Arbeitsmarkt und Beschäftigungsqualität im Fokus. Ziel ist eine systemische und strategische Einordnung vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele der EU, des Bundes und des Landes Baden-Württemberg.

Einschätzung der Energiewende durch die Unternehmen vor Ort als gesellschaftlich notwendig aber wirtschaftlich ambivalent/riskant

Die Energiewende in die Richtung von klimaneutraler Energieversorgung und Energieanwendung ist heute wichtiger denn je. Das wurde auch in den Erhebungen zur vorliegenden Studie deutlich. Neben dem Klimawandel, der seit der Vorgängerstudie von 2016 weiter vorangeschritten ist, sorgt seit 2022 der Krieg Russlands gegen die Ukraine für ein zweites Motiv: Die Abhängigkeit Deutschlands vom Import fossiler Energieträger soll verringert werden. Insgesamt halten Akteur:innen in Unternehmen, Institutionen, Verbänden und Gewerkschaften in Baden-Württemberg die Energiewende für dringlicher und für das eigene Handeln für grundlegender als noch vor zehn Jahren.

Zur Umsetzung sowie zu Chancen oder Risiken der Energiewende gab es in Interviews mit Gesprächspartner:innen aus Unternehmen und weiteren Einrichtungen aber sehr unterschiedliche Einschätzungen. Neben der grundsätzlichen Notwendigkeit werden zwar durchgehend auch wirtschaftliche Chancen und die Aussicht auf Wachstum in Baden-Württemberg mit der Energiewende verbunden. Allerdings gab es auch Hinweise auf Risiken und Hinweise, hiermit entschlossener als bisher umzugehen. Als „Stellschrauben“ für Optimierungen wurden z. B. Genehmigungsverfahren, Akzeptanz in der Bevölkerung oder Weiterbildung benannt – also Faktoren, die landespolitisch beeinflussbar sind.

Ebenso wurden Probleme und Risiken für Unternehmen erkennbar, deren heutiges Geschäft noch wesentlich auf dem Transport oder dem Einsatz fossiler Energieträger beruht: In vielen Fällen erfordert eine klimaneutrale Wirtschaftsweise hohe Investitionen, die zusammen mit hohen Energie- und Lohnkosten als mehrfache Herausforderung wahrgenommen wird.

In dieser Hinsicht hängen die Umsetzung der Energiewende und damit verbundenen Konsequenzen für Wertschöpfung und Beschäftigung auch

vom Maß an Planungs- und Investitionssicherheit für die handelnden Unternehmen ab, etwa durch eine Verstärkung der Förderung der Umstellung auf klimaneutrale Produktion. Hier spielen Instrumente wie der Klima- und Transformationsfonds oder Differenzverträge eine wichtige Rolle.

Herausforderungen der Energiewende für die Wirtschaft in Baden-Württemberg: Besondere Industriestruktur als relativer Vorteil

Betrachtet man das Land insgesamt, begünstigt die starke industrielle Basis – insbesondere in technologieorientierten Branchen wie Maschinenbau, Fahrzeugbau, Metall- und Elektrotechnik – und die Innovationskraft Baden-Württembergs die Herstellung klimaschutzrelevanter Technologien. Die vergleichsweise geringe Bedeutung energieintensiver Branchen macht das Land weniger anfällig für hohe Energiekosten und CO₂-Abgaben sind meist weniger relevant. Ausnahmen bilden u. a. die Zement-, Keramik- und Papierindustrie sowie die Werkstofftechnik. Sie sind lokal von großer Bedeutung für die Beschäftigung, überdurchschnittlich energieintensiv und damit auf passende Regelungen angewiesen.

Eine klimaneutrale Produktion in solchen Branchen und generell stellt auch in technologischer Hinsicht oft eine besondere Herausforderung dar. Hier könnten die Stärken des traditionellen Clusters Autoindustrie / Maschinen- und Anlagenbau auf Ausrüstungen für neue Energietechnikprodukte übertragen werden, um neue Lösungen zu entwickeln. Auch die gut aufgestellte Forschung und Innovationsförderung im Land kann in diese Richtung wirken. Solche Möglichkeiten geraten angesichts der angesprochenen Risiken mitunter aber aus dem Blick und verstellen den Zugang zur Nutzung von Chancen beim Export von Klimaschutzlösungen.

Baden-Württembergs Industriestruktur bietet in dieser Hinsicht viele Vorteile, was aber nicht automatisch die Betroffenheit durch wirtschaftliche Risiken der Energiewende abfедert. Die Transformation birgt strukturelle Risiken, u. a. aufgrund des hohen Spezialisierungsgrades einzelner Branchen, etwa im Automobil-Bereich: Auch hoch spezialisierte Zulieferbetriebe sind von einer durch die Energiewende bedingten Produktumstellung bei den Fahrzeugbauern aufgrund des spezifischen Absatzmarktes stark betroffen, selbst wenn die eigenen Produktionsprozesse wenig energieintensiv sind.

Zudem kann ein verzögerter Ausbau der Energieinfrastruktur zu Versorgungsgängen führen. Das betrifft sowohl die Anpassung der Übertragungs- und Verteilnetze an die dezentralen Strukturen, die Errichtung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie in Baden-Württemberg sowie die Bereitstellung einer einsatzbereiten H₂-Infrastruktur. Die internationale Wettbewerbsfähigkeit steht unter Druck, insbesondere wenn

Energiepreise dauerhaft hoch bleiben. Außenwirtschaftliche Risiken durch geopolitische Verwerfungen verschärfen diese Lage.

Chancen einer positiven Nutzung der Veränderungsprozesse durch die Energiewende in Baden-Württemberg

Bei allen vorhandenen Risiken bieten sich gerade für Baden-Württemberg aufgrund seiner spezifischen Industriestruktur neue Chancen, die sich industrielpolitisch nutzen lassen. So ist z. B. die Digitalisierung im Zuge der Energiewende ein starkes Wachstumsfeld. Zahlreiche Unternehmen im Land verfügen über das Know-how, um Steuerungssysteme, Energiemanagementlösungen und datenbasierte Services zu entwickeln. Damit kann sich Baden-Württemberg als Leitregion für digitale Energietechnik positionieren – unabhängig von der Fertigung einzelner Großkomponenten.

Auch für die industrielle Konversion ergeben sich Perspektiven. Kompetenzen in Fertigung und Engineering aus dem in Baden-Württemberg stark vertretenen Bereich des Maschinenbaus lassen sich auf neue Technologiefelder übertragen – etwa Wärmepumpen, Energiespeicher oder Komponenten für Wasserstofftechnologien. Studien wie Hembach-Stunden et al. (2024) zeigen: Während sich der Weltmarkt für etablierte Technologien wie Photovoltaik einem Sättigungspunkt nähert und daher wenig Dynamik aufweist, bieten neuere Technologien wie Wasserstoff-Elektrolyseure Chancen, da sich die globalen Marktstrukturen noch stärker entwickeln.

Positive quantitative Effekte der Energiewende auf die Beschäftigung in Baden-Württemberg

Die Energiewende schafft und sichert in Baden-Württemberg Arbeitsplätze und ist ihrerseits darauf angewiesen, dass zukünftig qualifizierte Arbeitskräfte in ausreichender Anzahl zur Verfügung stehen, um die Klimaschutz-Ziele zu erreichen. Bei einer konsequenten Verfolgung der gesetzten Sektorziele steigen die Beschäftigungswirkungen der Energiewende in den in dieser Studie betrachteten Sektoren bis 2030 deutlich an: von rund 100.000 auf etwa 138.000 Stellen.

Dabei werden die Beschäftigungsimpulse aus dem Ausbau der Fernwärme, des Stromnetzes oder der Wasserstoffwirtschaft noch gar nicht vollständig abgebildet, sodass die tatsächliche Bruttobeschäftigung noch höher liegen dürfte. Ein besonders hoher relativer Anstieg ist beim Ausbau erneuerbarer Energien im Stromsektor zu erwarten, die höchste absolute Bedarfssteigerung wird in der Gebäudesanierung stattfinden.

Gleichzeitig zeigen gesamtwirtschaftliche Modellrechnungen, dass die Nettoeffekte – unter Berücksichtigung von Preiseffekten – geringer aus-

fallen, weil die Entwicklung an anderer Stelle gedämpft wird (Lutz et al. 2025; Lutz/Becker 2025). Für Baden-Württemberg gibt es in der Hinsicht keine Hinweise auf überdurchschnittliche Risiken. Die modellgestützten Analysen weisen zudem darauf hin, dass allein der geringe Anteil an energieintensiven Wirtschaftszweigen kein direkter Standortvorteil ist. Es sind vielmehr die Exportchancen und die Innovationskraft, die das Land zu den Gewinnern der Energiewende machen könnten.

Förderung der Exportchancen durch die Stärkung des heimischen Markts

Abhängigkeiten vom Export machen Baden-Württemberg tendenziell stärker abhängig von Preisentwicklungen im Inland. In dieser Situation kann ein planvoller, verlässlicher Klimaschutzbefund der Wirtschaft Orientierung geben und Investitionen sowie Beschäftigung stimulieren – vorausgesetzt, der Transformationsprozess wird durch Industriepolitik und Fachkräftemobilisierung aktiv begleitet, um die Angebotsseite entsprechend zu stärken.

Der Energiepreisschock der Jahre 2022/2023 hat das Risiko der Abhängigkeit von Energiepreisen verdeutlicht und in einigen Industriebranchen bestehende Standortprobleme verschärft. Die isolierte Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen auf Preise lässt sich schwer bestimmen, dennoch bleibt die Sicherung günstiger und verlässlicher Energie zentral. Wichtig ist zudem, Exportchancen zu nutzen, um die Wertschöpfung im Inland zu fördern: Ein starker heimischer Markt für saubere Technologien erhöht die Wettbewerbsfähigkeit auf internationalen Märkten.

Veränderte Kompetenzanforderungen und Arbeitsbedingungen als qualitative Auswirkung der Energiewende auf die Beschäftigung

Neben den quantitativen Beschäftigungseffekten ergeben sich auch qualitative Auswirkungen auf die Beschäftigung. Die Digitalisierung wird immer mehr zu einem wichtigen Faktor gerade für die Energiewende – hier bieten sich gerade in Baden-Württemberg als Land der Innovationen noch viele Chancen. Mit veränderten Technologien, Arbeitsinhalten, Prozessen und Arbeitsweisen in energiewenderelevanten Branchen steigen die Anforderungen an die Beschäftigten erheblich. Die Förderung der erforderlichen Kompetenzen und Qualifikationen muss ein Schwerpunkt bei der Umsetzung der Energiewende werden.

Wenn sich Betriebe im Zuge der Energiewende weiterentwickeln, ändern sich auch die Arbeitsbedingungen in vielen Bereichen. Diese Veränderungen können – wie auch der Transformationsprozess insgesamt – von den Beschäftigten positiv oder negativ aufgenommen werden. Sie sind es letztlich, die die Energiewende zum Erfolg machen müssen. Umso

wichtiger sind Möglichkeiten zur Mitwirkung und Mitbestimmung bei der Weiterentwicklung der Arbeit sowie eine gute Zusammenarbeit von Unternehmensleitung und Interessenvertretungen der Arbeitnehmer:innen.

Deckung des Fachkräftebedarfs als wesentlicher Erfolgsfaktor der Energiewende in Baden-Württemberg

Aufgrund des hohen Fachkräftebedarfs bei gegenläufiger demografischer Entwicklung ist der Fachkräftemangel bereits zum Engpass der Klimawende in Baden-Württemberg geworden. Den Unternehmen fällt es schon jetzt immer schwerer, offene Stellen mit entsprechend qualifizierten Menschen zu besetzen und so den erforderlichen Kompetenzaufbau zu bewerkstelligen. Dabei ist das Potenzial bei den Erwerbspersonen noch nicht ausgeschöpft: Attraktive Ausbildungswege für junge Menschen und eine Erhöhung des Frauenanteils in den Belegschaften sind hier mögliche Hebel. Die Anwerbung von Fachkräften aus Branchen mit zurückgehender Beschäftigung sowie aus dem Ausland sind weitere Optionen.

Damit ergeben sich klare Handlungsfelder: Neben Infrastrukturinvestitionen braucht es Qualifizierungs- und Anwerbungsstrategien, um Fachkräfte für neue Technologien zu gewinnen. Bei der Qualifizierung sind neben den inhaltlich-fachlichen Fähigkeiten auch Querschnittskompetenzen wie digitale, prozedurale und fachübergreifende (persönliche) Kompetenzen entscheidend. Die Transformation muss regional flankiert werden – etwa durch Weiterbildungsangebote in bestehenden Berufsfeldern und eine stärkere Verknüpfung von Industrie, Bildung und Arbeitsmarktakten. Nur so lassen sich die positiven Beschäftigungseffekte realisieren und strukturelle Brüche vermeiden.

Kollaboration und Verzahnung von Energiewende, Industrieentwicklung und Fachkräftesicherung

In der Befragung wurde deutlich, dass sich viele Akteur:innen eine Umstellung der Denkweise in die Richtung einer Energiepolitik in industrie- und beschäftigungspolitischer Lesart wünschen. Wettbewerbsfähigkeit, Versorgungssicherheit, Innovation und die Verfügbarkeit wichtiger Komponenten und Vorleistungsgüter möglichst aus europäischen Ressourcen spielen dabei eine große Rolle. Zur Sprache kamen Lieferengpässe und geringer „Local Content“; bei Ausschreibungen sollten Kriterien wie Qualität, Zuverlässigkeit und technische Integration stärker gewichtet werden.

Wenn Energiewende, Fachkräftesicherung und Industrieentwicklung zusammengedacht werden, kann Baden-Württemberg von seiner starken industriellen Basis und den vorhandenen Digitalisierungskompetenzen profitieren. Der Aufbau eines digitalen Energieprofils bietet eine industrie-

politische Differenzierungschance. Auf diesem Weg könnte das Land zur Blaupause sowohl für eine ökologisch und ökonomisch tragfähige Transformation im industriellen Kern Europas wie auch für eine klimaneutrale Energiewirtschaft auf der Basis innovativer Technologien werden.

Auch Stadtwerke könnten dabei aufgrund ihrer vielseitigen Kontaktpunkte und zunehmend breiterem Leistungsportfolio eine Schlüsselrolle übernehmen: Beim Ausbau der Fernwärmeversorgung sind sie ebenso beteiligt wie beim Contracting für Hauswärme, bei der Erzeugung regenerativer Energie, bei Einführung und Betrieb von Smartmetern oder bei der Bereitstellung von Strom für E-Mobilität. Für die mittelständische Industrie könnten sie den Zugang zu günstigem und verlässlichem grünen Strom verbessern.

Baden-Württemberg kann seine strukturellen Vorteile nutzen, wenn Know-how, Spezialisierung und Innovation in den Produkten verankert sind und damit Preissteigerungen bei Vorleistungen wie Energie, Stahl, Papier und Mineralstoffen kompensiert werden können. Ein europaweiter einheitlicher CO₂-Preis unterstützt fairen Wettbewerb und fördert bei Preissteigerung die Entwicklung CO₂-neutraler Technologie.

Energiewende-Technologien aus Baden-Württemberg sollten national und international eingesetzt werden, um die positiven Nettowirkungen des Klimaschutzes auf Wertschöpfung und Beschäftigung zu verstärken. Mittelfristig profitieren fast alle Bundesländer von steigender inländischer Nachfrage durch Klimaschutzinvestitionen. Langfristig profitieren besonders jene, die innovative Lösungen auf dem Weltmarkt anbieten.

Insgesamt wird deutlich, dass die Energiewende nicht ausschließlich industriepolitisch adressiert werden muss, sondern verstärkt regionalökonomisch bzw. regionalpolitisch mit klarem Blick auf Qualifizierung. Die Hebung des bisher ungenutzten Potenzials an Erwerbstätigen in Baden-Württemberg durch unterstützende Maßnahmen fördert dabei nicht nur die Deckung des Fachkräftebedarfs, sondern dient der Integration und Wohlstandssteigerung im Land. Regionale Kollaboration wird dabei künftig immer mehr zum Erfolgsfaktor – sowohl zwischen Unternehmen, Institutionen und Politik, als auch zwischen Unternehmensleitungen und Beschäftigten sowie zwischen Wissenschaft und Praxis.

Literatur

Alle im Folgenden angegebenen Websites wurden zuletzt am 13.5.2025 besucht.

Agentur für Erneuerbare Energien (2017): Offshore-Windenergie.

Wirtschaftliche Effekte und Energie für ganz Deutschland.

www.unendlich-viel-energie.de/media/file/1181.AEE_EE-Portrait_Offshore_jun17.pdf

Agora Energiewende / Wuppertal Institut (2019): Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement.

www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2018/Dekarbonisierung_Industrie/164_A-EW_Klimaneutrale-Industrie_Studie_WEB.pdf

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2023): Energiebilanz der Bundesrepublik 2021 (Stand: 31.1.2023).

<https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/03/Bilanz-2021.xlsx>

Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (2024): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder – Indikatoren und Kennzahlen.

www.statistikportal.de/sites/default/files/2025-04/ugrdl_tab_2023.xlsx

Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder (2023): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder.

Zusammenhänge, Bedeutung und Ergebnisse, Ausgabe 2023.

www.statistikportal.de/sites/default/files/2023-08/vgrdl_broschure_2023.pdf

Baden-Württembergischer Industrie- und Handelskammertag (2021): Fachkräftemonitor 2035.

www.bw.ihk.de/_Resources/Persistent/41cb17e2e3a26a6fdf2a22036b87d866e9da5c74/20210712_Fachkr%C3%A4fte-Monitor%202035_Langtext.pdf

Baron, Stefan / Güler, Ipek / Schwarz, Vivien / Bolwin, Lennart / Engler, Jan / Goeke, Henry / Hünnemeyer, Vanessa / Mertens, Armin (2024): Future Skills 2030. Welche Kompetenzen für den Standort Baden-Württemberg heute und in Zukunft erfolgskritisch sind.

www.agenturq.de/wp-content/uploads/2024/05/2406282_Future-Skills-AQ-digital.pdf

- Bauer, Philipp / Pfeiffer, Iris / Rothaug, Eva / Wittig, Wolfgang (2020): Evaluation der Förderung überbetrieblicher Berufsbildungsstätten und ihrer Weiterentwicklung zu Kompetenzzentren. Wissenschaftliche Diskussionspapiere 216. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
www.bibb.de/dienst/publikationen/de/download/16410
- Bauer, Stefanie / Thobe, Ines / Wolter, Marc Ingo / Helmrich, Robert / Schandock, Manuel / Janser, Markus / Zika, Gerd / Röttger, Christof / Liesen, Andrea / Mohaupt, Franziska (2021): Qualifikationen und Berufe für den Übergang in eine Green Economy. Umwelt, Innovation, Beschäftigung 6/2021. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uib_06-2021_qualifikationen_und_berufe_greeneconomy_abschlussbericht_0.pdf
- Becker, Erika (2023): EnBW will schnelleren Kohleausstieg: Auch Karlsruhe mit RDK 8 betroffen. In: Badische Neueste Nachrichten, 27.3.2023.
<https://bnn.de/karlsruhe/enbw-kohleausstieg-konzernbilanz-folgen-karlsruhe-rheinhafendampfkraftwerk-8>
- Bergsträßer, Jonathan / Gkoktsis, George / Hirsch, Tilo / Klaiber, Stefan / Klobasa, Marian / Kohrs, Robert / Lauer, Hagen / Nicolai, Steffen / Offergeld, Thomas / Rülicke, Linda (2022): Digitalisierung des Energiesystems. 14 Thesen zum Erfolg. Berlin: Fraunhofer CINES.
www.cines.fraunhofer.de/content/dam/zv/cines/dokumente/publikationen/digitalisierung/CINES%20Thesenstudie%20Digitalisierung_DE.pdf
- Bernardt, Florian / Mönnig, Anke / Parton, Frederik / Wolter, Marc Ingo (2023): Das Inforge-Modell. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hg.): Das QuBe-Projekt: Modelle, Module, Methoden. IAB-Bibliothek 374. S. 107–123.
https://doku.iab.de/bibliothek/2023/IAB-Bibliothek_374.pdf
- Bernardt, Florian / Parton, Frederik / Ulrich, Philip (2023): Das Regionalmodell QMORE. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hg.): Das QuBe-Projekt: Modelle, Module, Methoden. IAB-Bibliothek 374. S. 149–175.
https://doku.iab.de/bibliothek/2023/IAB-Bibliothek_374.pdf

- Bertelsmann Stiftung (Hg.) (2023): Ökonomische Evaluation klimapolitischer Instrumente. Am Beispiel der Chemie-, Zement- und Stahlindustrie. 22.2.2023. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/oekonomische-evaluation-klimapolitischer-instrumente
- Bertram, Lukas / Schiefeling, Marla / Kiecker, Sebastian / Hafele, Jakob (2024): Industriepolitik neu denken. Warum gute Arbeitsplätze im Zentrum stehen sollten. Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.
www.boell.de/sites/default/files/2024-12/e-paper-industriepolitik-neu-denken.pdf
- BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung (2023): Sonderauswertung von Stellenausschreibung zum Thema sozial-ökologischer Transformation. Datensatz erarbeitet im Rahmen einer Studie für das Umweltbundesamt. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
- BIBB/IAB – Bundesinstitut für Berufsbildung / Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2025): Langfristige Folgen von Demografie und Strukturwandel für das Bundesland: Baden-Württemberg. Basisprojektion zur langfristigen Entwicklung des Arbeitskräftebedarfs und -angebots nach Qualifikationen und Berufen.
www.bibb.de/dokumente/pdf/Bundesland-Dossier %20_1_Baden-W%C3%BCrttemberg_W8.pdf
- Blazejczak, Jürgen / Edler, Dietmar / Gornig, Martin / Gulden, Vivien-Sophie / Gehrke, Birgit / Schasse, Ulrich (2024): Ökonomische Indikatoren von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Materialien Berichtsjahr 2023. Umwelt, Innovation, Beschäftigung 03/2024. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/03_2024_uib_oekonomische_indikatoren.pdf
- Boockmann, Bernhard / Maier, Anastasia / Schafstädt, Christin (2021): Vereinbarungen der Sozialpartner zur Weiterbildung – ein Blick in ausgewählte Branchen. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/BST_Studie_Sozialpartner_zur_Foerderung_der_Weiterbildung_210630.pdf
- Böhmer, Simon / Popp, Sandra / Schoen, Peter (2015): Evaluation des Modellprojekts „Abbruch vermeiden- Ausbildung begleiten“ und des ESF-Projekts „Ausbildungsabbruch vermeiden – Fachkräftenachwuchs sichern“. Abschlussbericht. Stuttgart: Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg.
https://wm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-wm/intern/Dateien_Downloads/Arbeit/Berufliche_Bildung/Abschlussbericht_Ausbildungsabbruch_BW.pdf

- Brehm, Anna (2021): Beschäftigungseffekte der Energiewende: Bisherige Entwicklung und Zukunftsperspektiven. 2.12.2021. Paris: Deutsch-französisches Büro für die Energiewende.
https://energie-fr-de.eu/de/gesellschaft-umwelt-wirtschaft/aktuelles/leser/hintergrundpapier-zu-den-beschaeftigungseffekten-der-energiewende.html?file=files/ofaenr/04-notes-de-synthese/02-acces-libre/06-societe-environnement-economie/2021/DFBEW_HP_Beschaeftigungseffekte_Energiewende_2112.pdf
- Bruch, Heike / Lee, Paul / Meier, Sophie (2021): Top Job-Trendstudie. Arbeitgeberattraktivität im Wandel. Wie man Mitarbeitende heute zu Fans macht.
www.frauundberuf-bw.de/fileadmin/downloads/topjob_trendstudie_arbeitgeberattraktivitaet_im_wandel.pdf
- Brückner, Iris / Mix, Lisia / Mönch, Tatjana / Reith, Jasmin / Utescher-Dabitz, Tanja / Wörz, Marcel (2021): Arbeitswelt der Zukunft im Energiesektor. Was zu tun ist, um den digitalen Wandel erfolgreich zu gestalten. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.
www.bdew.de/media/documents/BDEW_Capgemini_Arbeitswelt_d_Zukunft_2406_Doppelseiten_ang.pdf
- Büchel, Jan / Engler, Jan Felix / Küper, Malte / Mertens, Armin (2025): Die Energiewende als Jobmotor. Nachgefragte Arbeitskräfte für die erneuerbaren Energien und die Energieinfrastruktur. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/Studie_Energiewende_als_Jobmotor.pdf
- Bundesagentur für Arbeit (2022): Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) Deutschland, West/Ost und Länder (Quartalszahlen). Stand Dezember 2022.
https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?nn=1523064&topic_f=beschaeftigung-sozbe-wz-heft
- Bundesagentur für Arbeit (2023): Anforderungsniveau eines Berufs.
<https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Grundlagen/Methodik-Qualitaet/Methodische-Hinweise/uebergreifend-MethHinweise/Anforderungsniveau-Berufe.html>
- Bundesagentur für Arbeit, Regionaldirektion Baden-Württemberg (2023a): Frauen am Arbeitsmarkt. Entwicklungen, Strukturen und (ungenutzte) Potenziale. Arbeitsmarkt-Dossier 2023/03. Stuttgart: Bundesagentur für Arbeit.
www.arbeitsagentur.de/vor-ort/datei/dossier_frauen_am_arbeitsmarkt_ba183374.pdf

Bundesagentur für Arbeit, Regionaldirektion Baden-Württemberg (2023b): Einstellungssache: Inklusion nutzen und Fachkräfte sichern. Informationen für Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber. Stuttgart: Bundesagentur für Arbeit.

https://wm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-wm/intern/Bilder/Themen/X_Mediathek/2023/MIN_Fachkraeftallianz/4- Brosch%C3%BCre.pdf

Bundesagentur für Arbeit (2024a): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort nach ausgewählten Berufen in bestimmten Wirtschaftszweigen. Deutschland und Baden-Württemberg. Berichtsmonat 06/2024. Sonderauswertung.

Bundesagentur für Arbeit (2024b): Beschäftigte nach Berufen (KldB 2010) (Quartalszahlen). Deutschland. Stichtag: 30.6.2023.
https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?nn=1523064&topic_f=beschaeftigung-sozbe-bo-heft

Bundesagentur für Arbeit (2024c): Engpassanalyse.

https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Fachkraeftebedarf/Engpassanalyse-Nav.html?Thema%3Denglist%26DR_Region%3Dd%26DR_Engpassbewertung%3De%26DR_Anf%3D2%26mapHadSelection%3Dfalse%26toggleswitch%3D0

Bundesagentur für Arbeit (2024d): Fachkräfteengpassanalyse 2023. Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt.

https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?nn=27096&topic_f=fachkraefte-engpassanalyse

Bundesagentur für Arbeit (2024e): Studienanfänger: Bundesländer, Semester, Nationalität, Geschlecht, Studienfach (Tabellen 21311-0012, 21311-0015).
www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/21311/details

Bundesagentur für Arbeit (2024f): Blickpunkt Ausbildungsmarkt im Jahr 2023/2024 in Baden-Württemberg. 16.11.2024.
www.arbeitsagentur.de/vor-ort/datei/blickpunkt_ausbildungsmarkt_bw_ba220022.pdf

Bundesagentur für Arbeit (2024g): Arbeitsmarktsituation im Verarbeitenden Gewerbe. Berichte: Arbeitsmarkt kompakt.
<https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Statistiken/Themen-im-Fokus/Wirtschaftszweige/generische-Publikationen/Arbeitsmarktsituation-Verarbeitendes-Gewerbe.pdf?blob=publicationFile>

Bundesagentur für Arbeit (2025): Arbeitsmarktsituation schwerbehinderter Menschen 2024. Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt.

[https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Statistiken/Themen-im-Fokus/Menschen-mit-Behinderungen/generische-Publikation/Arbeitsmarktsituation-schwerbehinderter-Menschen.pdf? blob=publicationFile](https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Statistiken/Themen-im-Fokus/Menschen-mit-Behinderungen/generische-Publikation/Arbeitsmarktsituation-schwerbehinderter-Menschen.pdf?blob=publicationFile)

Bundesnetzagentur (2024a): Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur (Stand: 15. April 2024).

www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html

Bundesnetzagentur (2024b): Roll-out intelligente Messsysteme: Quartalsweise Erhebungen Q4/2024.

www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/NetzzugangMesswesen/Mess-undZaehlwesen/iMSys/artikel.html

Bundesnetzagentur (2025): Wasserstoff-Kernnetz (Stand: 22.10.2024).

www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html

Bundesregierung (2023): Energie aus klimafreundlichem Gas. Nationale Wasserstoffstrategie. 26.7.2023.

www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/wasserstoff-technologie-1732248

Buslei, Herrmann / Geyer, Johannes / Haan, Peter (2024): Beschäftigungspotentiale Älterer. Umfang und Realisierungschancen bis 2035. Gütersloh: Bertelmann Stiftung.

www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/Beschaeftigungspotenziale_AElterer_Studie.pdf

CDU/CSU/SPD (2025): Verantwortung für Deutschland – Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD.

21. Legislaturperiode.

www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag2025_bf.pdf

CHE – Gemeinnütziges Centrum für Hochschulentwicklung (2025): Duales Studium in Baden-Württemberg.

<https://hochschuldaten.che.de/baden-wuerttemberg/duales-studium/>

- Dauser, Dominique / Wittig, Wolfgang / Lorenz, Sabrina / Schley, Thomas (2022): Evaluation des Pilotprojektes Qualifizierungsverbünde (QV) zur Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit. Abschlussbericht (Berichtszeitraum: 1.6.2020–31.8.2021). f-bb-Bericht 01/22. 31.8.2021. Nürnberg, Forschungsinstitut Betriebliche Bildung.
[www.pedocs.de/volltexte/2022/25167/pdf/Dauser et al 2022 Evaluation des Pilotprojektes.pdf](http://www.pedocs.de/volltexte/2022/25167/pdf/Dauser_et_al_2022_Evaluation_des_Pilotprojektes.pdf)
- DEHSt – Deutsche Emissionshandelsstelle (2024): Emissionshandelspflichtige Anlagen in Deutschland 2023 (Stand: 2.5.2024).
[www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/anlagenlisten/2021-2030/2023.pdf? blob=publicationFile&v=5](http://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/anlagenlisten/2021-2030/2023.pdf?blob=publicationFile&v=5)
- Dengler, Katharina / Matthes, Britta (2021): Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt. Auch komplexere Tätigkeiten könnten zunehmend automatisiert werden. 13.7.2021. IAB-Kurzbericht 13/2021.
<https://doku.iab.de/kurzber/2021/kb2021-13.pdf>
- DENA – Deutsche Energie-Agentur (Hg.) (2024): PPA-Marktanalyse Deutschland 2023.
[www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2024/PPA-Marktanalyse Deutschland 2023.pdf](http://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2024/PPA-Marktanalyse_Deutschland_2023.pdf)
- DHBW – Duale Hochschule Baden-Württemberg (2024): Jahresbericht 2023–24. Studierende an der DHBW (Stand: Oktober 2024).
www.dhbw.de/jahresbericht/studierende-an-der-dhbw/
- Ehrentraut, Oliver / Greschkow, Alice / Kreuzer, Philipp / Toborg, Hauke / Wandhoff, Lauritz (2024): Defossilisierung und Klimaneutralität. Fachkräftebedarf und Fachkräftegewinnung in der Transformation. Im Auftrag der DIHK – Deutsche Industrie- und Handelskammer. Berlin: Prognos.
www.dihk.de/resource/blob/125844/fb44e61c7128505cae35eac05f57d0b6/dihk-prognos-studie-fachkra-fte-fu-r-die-defossilisierung-data.pdf
- e-mobil BW (Hg.) (2023): Strukturstudie BW 2023. Transformation der Atuomobil- und Nutzfahrzeugindustrie in Baden-Württemberg durch Elektrifizierung, Digitalisierung und Automatisierung.
www imu-institut.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/e-mobil_BW_Strukturstudie_BW_2023.pdf
- Energie Baden-Württemberg (2024): EnBW setzt heiße Inbetriebnahme des neuen H2-ready-Gaskraftwerks in Stuttgart-Münster fort. Pressemitteilung, 30.10.2024.
www.enbw.com/presse/enbw-gaskraftwerk-stuttgart-inbetriebnahme.html

Energie Baden-Württemberg (2025): Geschäftsbericht 2024. 26.3.2025.

www.enbw.com/geschaeftsbericht-2024/downloadcenter/

Ernst, Alexandra (2018): Demografischer Wandel, Energiewende, digitale Arbeitswelt 4.0: Heute die beruflichen Kompetenzen von morgen entwickeln. In: DVGW energie | wasser-praxis, H. 10/2018. S. 120–121.

www.dvgw.de/medien/dvgw/nachwuchs/bildungswelten-berufliche-kompetenzen.pdf

Erol, Serife / Ahlers, Elke (2023): Betriebliche Weiterbildung als Handlungsfeld der Betriebsräte in Zeiten der Transformation. Eine Analyse der WSI-Betriebs- und Personalrätebefragung. Policy Brief WSI 77. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.

www.wsi.de/fpdf/HBS-008599/p_wsi_pb_77_2023.pdf

European Cement Research Academy / Cement Sustainability Initiative (2017): Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing. Trying to Look Ahead. 20.3.2017. CSI/ECRA-Technology Papers 2017.

https://docs.wbcsd.org/2017/06/CSI_ECRA_Technology_Papers_2017.pdf

Faißt, Christian / Hamann, Silke / Jahn, Daniel / Walper, Rüdiger (2023): Strukturwandel in Baden-Württemberg. 11.5.2023. IAB-Regional 01/2023.

https://doku.iab.de/regional/BW/2023/regional_bw_0123.pdf

Fauth, Matthias / König, Tobias / Walser, Lena (2024): Betriebliche Fort- und Weiterbildung in Baden-Württemberg 2023. Eine Auswertung des IAB-Betriebspersonals Baden-Württemberg. IAW-Kurzbericht.

www.iaw.edu/iaw-kurzberichte.html?file=files/dokumente/ab%20Januar%202024/iaw_kurzbericht_2024_04.pdf

Forschungsstelle für Energiewirtschaft (2025): Wie steht es um den deutschen Smart-Meter Rollout? (Stand: 3.4.2025).

www.ffe.de/veroeffentlichungen/wie-steht-es-um-den-deutschen-smart-meter-rollout/

Fraunhofer CINES (Hg.) (2024): Fortschrittsbericht zur Digitalisierung des Energiesystems.

www.cines.fraunhofer.de/content/dam/zv/cines/dokumente/2024_CINES%20Digitalisierungs-Monitoringbericht.pdf

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Hg.) (2024): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien.

www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html

Frey, Carl Benedikt / Osborne, Michael (2013): The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation? 17.9.2013.

<https://oms-www.files.svcdn.com/production/downloads/academic/future-of-employment.pdf>

Fries, Jan Ludwig / Haaf, Andreas / Hünecke, Katja / Zimmermann, Sandra (2024): Fachkräftebedarfe der sozial-ökologischen Transformation im Wohngebäudesektor. Eine Analyse von Förderprogrammen zur energetischen Sanierung anhand der Wertschöpfungskette „Transformation Wohngebäude“. Working Paper Forschungsförderung Nummer 328. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung Düsseldorf.

www.boeckler.de/fpdf/HBS-008845/p_fofoe_WP_328_2024.pdf

Gornig, Martin / Kemfert, Claudia (2024): Grüne Transformation in Deutschland – nur mit echter Energiewende ein ökologischer und ökonomischer Erfolg. In: Wirtschaftsdienst 104, H. 5, S. 296–300.
www.wirtschaftsdienst.eu/pdf-download/jahr/2024/heft/5/beitrag/gruene-transformation-in-deutschland-nur-mit-echter-energiewende-ein-oekologischer-und-oekonomischer-erfolg.htm

Gornig, Martin / Klarhöfer, Katrin (2023): Investitionen in die energetische Gebäudesanierung auf Talfahrt. DIW Wochenbericht 33/2023.

www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.879527.de/23-33-1.pdf

Grienberger, Katharina / Matthes, Britta / Paulus, Wiebke (2024): Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt. Vor allem Hochqualifizierte bekommen die Digitalisierung verstärkt zu spüren. IAB-Kurzbericht 5/24.

<https://doku.iab.de/kurzber/2024/kb2024-05.pdf>

Grimm, Veronika / Janser, Markus / Stops, Michael (2021): Neue Analyse von Online-Stellenanzeigen. Kompetenzen für die Wasserstofftechnologie sind jetzt schon gefragt. IAB-Kurzbericht 11/21.

<https://doku.iab.de/kurzber/2021/kb2021-11.pdf>

Grosskraftwerk Mannheim AG (2025): Unternehmen. Das GKM – Größter Energiestandort Baden-Württembergs.

www.gkm.de/unternehmen/

- Gulden, Vivien-Sophie / Ingwersen, Kai / Gehrke, Birgit / Schasse, Ulrich (2024): Die Umweltwirtschaft in Deutschland. Produktion, Umsatz und Außenhandel. Aktualisierte Ausgabe 2023. Umwelt, Innovation, Beschäftigung 4/2024. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
[www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/
die-umweltwirtschaft-in-deutschland-produktion](http://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/die-umweltwirtschaft-in-deutschland-produktion)
- Hachmeister, Cort-Denis (2025): Was studieren Frauen? Was studieren Männer? Studierende und Studienanfänger*innen nach Geschlecht. In: DatenCHECK 3/2025, Stand: 6.3.2025.
[https://hochschuldaten.che.de/was-studieren-frauen-was-
studieren-maenner/](https://hochschuldaten.che.de/was-studieren-frauen-was-studieren-maenner/)
- Hellwagner, Timon / Söhnlein, Doris / Weber, Enzo / Yilmaz, Yasemin (2025): Obwohl Fachkräfte fehlen, haben immer mehr junge Menschen keine Ausbildung. IAB-Forum, 24.4.2025.
[www.iab-forum.de/obwohl-fachkraefte-fehlen-haben-immer-mehr-
junge-menschen-keine-ausbildung/](http://www.iab-forum.de/obwohl-fachkraefte-fehlen-haben-immer-mehr-junge-menschen-keine-ausbildung/)
- Helmrich, Robert / Maier, Tobias / Weber, Enzo / Wolter, Marc I. / Zika, Gerd (2018): Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung bis 2035. Regionale Branchenstruktur spielt eine wichtige Rolle. IAB-Kurzbericht 9/2018.
<https://doku.iab.de/kurzber/2018/kb0918.pdf>
- Hembach-Stunden, Katharina / Banning, Maximilian / Becker, Lisa / Lutz, Christian / Matschoss, Patrick / Klann, Uwe / Horst, Juri (2024): Future Installation, Production and Global Trade of Clean Energy Technologies. In: Sustainability 2024, 16, Artikel 10482.
www.mdpi.com/2071-1050/16/23/10482/pdf?version=1732873942
- Heublein, Ulrich / Hutzsch, Christopher / Schmelzer, Robert (2022): Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. DZHW Brief 05 2022.
www.dzhw.eu/pdf/pub_brief/dzwh_brief_05_2022.pdf
- Hin, Monika / Schmidt, Sabine (2007): Alternde Erwerbsbevölkerung: Problem oder Chance für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg? In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg H. 4, S. 9–17.
[www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/41737/ssoar-
stamonbadwurt-2007-4-hin_et_al-Alternde_Erwerbsbevolkerung-
Problem_oder_Chance.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=
ssoar-stamonbadwurt-2007-4-hin_et_al-Alternde
Erwerbsbevolkerung_Problem](http://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/41737/ssoar-stamonbadwurt-2007-4-hin_et_al-Alternde_Erwerbsbevolkerung_Problem_oder_Chance.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-stamonbadwurt-2007-4-hin_et_al-Alternde_Erwerbsbevolkerung_Problem)

- Hoch, Markus / Lambert, Jannis / Kirchner, Almut / Simpson, Richard / Sandhövel, Myrna / Mündlein, Tabea (2019): Jobwende. Effekte der Energiewende auf Arbeit und Beschäftigung. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
<https://library.fes.de/pdf-files/fes/15696-20210201.pdf>
- Hofmann, Josephine / Ricci, Claudia / Dangers, Markus / Metz, Aaron (2024): Erfolgsfaktoren gelingender doppelter Transformation. Gütersloh: Bertelmann Stiftung.
www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/erfolgsfaktoren-gelingender-doppelter-transformation
- Hornbostel, Lorenz / Bovenschulte, Marc / Nerger, Michael / Kamberi, Agon / Kropp, Thomas (2025): Der Wasserstoff-Sentiment-Index 2025. Kurzbericht zur Umfrage. lit-survey 1. Berlin: Institut für Innovation und Technik.
www.iit-berlin.de/publikation/wasserstoff-sentiment-index-2025/
- Hünecke, Katja / Schumacher, Katja / Appenfeller, Dennis / Braungardt, Sibylle / Bei der Wieden, Malte / Cludius, Johanna / Graichen, Jakob / Graichen, Verena / Hermann, Hauke / Keimeyer, Friedhelm / Kreye, Konstantin / Mendelevitch, Roman / Steinbach, Inia / Zerzawy, Florian / Meemken, Simon / Schrems, Isabel / Christian, Lutz / Becker, Lisa / Klinski, Stefan (2025): Die Lenkungswirkung von Endenergiepreisen zur Erreichung der Klimaschutzziele. Synthesebericht. Climate Change 14/2025. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
www.gws-os.com/de/publikationen/alle-publikationen/detail/die-lenkungswirkung-von-endenergiepreisen-zur-erreichung-der-klimaschutzziele
- IG Metall Baden-Württemberg (2025): TV zum regionalen Personaleinsatz. Pressemitteilung, 21.2.2025.
www.bw.igm.de/news/meldung.html?id=110384
- IHK Region Stuttgart (2022): Die IHK-Weiterbildungsumfrage.
www.ihk.de/stuttgart/bildung-schulung-pruefung/weiterbildung/weiterbildungsumfrage-5656764?print=true&prints=button
- International Energy Agency (2024a): Energy Technology Perspectives 2024.
www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2024
- International Energy Agency (2024b): Renewables 2024. Analysis and forecast to 2030.
www.iea.org/reports/renewables-2024

- Jeberien, Brigitte / Schneider, Martin J. / Stephan, Michael (2013): Management von Ideen: Stand in der Praxis. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung im deutschsprachigen Raum in Zusammenarbeit mit der IHK Innovations- und Technologieberatung. Marburg: Philipps-Universität Marburg. www.uni-marburg.de/de/fb02/professuren/bwl/bwl01/forschung/discussion-papers/13-01_dp_onlineversion.pdf
- Kalinowski, Michael / Pfeifer Harald (2023): Junge Menschen ohne Berufsabschluss – durch Stärkung der Ausbildungsbeteiligung zu mehr Fachkräften In: ifo Schnelldienst, 13.12.2023, S. 3–6. www.ifo.de/DocDL/sd-2023-12-berufseinstieg-wachstumsfaktor-kompetenzen.pdf
- KEA – Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (2025): Baden-Württembergs erster Sanierungssprint mit neuem Rekord erfolgreich abgeschlossen. Pressemitteilung, 5.5.2025. www.zukunftaltbau.de/presse/presseinformationen/baden-wuerttembergs-erster-sanierungssprint-mit-neuem-rekord-erfolgreich-abgeschlossen
- Kirchherr, Julian / Klier, Julia / Meyer-Guckel, Volker / Winde, Mathias (2020): Die Zukunft der Qualifizierung in Unternehmen nach Corona. Future Skills – Diskussionspaper 5. Essen: Stifterverband für die deutsche Wirtschaft. www.stifterverband.org/download/file/fid/9506
- Klemme, Larissa / Noack, Martin (2024): Kompetenzen für morgen. Diese Future Skills suchen Unternehmen schon heute. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/Studie_Kompetenzen_fuer_morgen_Future_Skills.pdf
- Koneberg, Filiz / Jansen, Anika / Kutz, Vico (2022): Energie aus Wind und Sonne. Welche Fachkräfte brauchen wir? KOFA-Studie 3. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln. www.iwkoeln.de/studien/anika-jansen-energie-aus-wind-und-sonne-welche-fachkraefte-brauchen-wir.html
- König, Tobias / Berner, Lena (2023): Betriebliche Fort- und Weiterbildung in Baden-Württemberg 2022. Eine empirische Analyse auf Basis des IAB-Betriebspersonals. IAW Kurzberichte 4/2023. www.fortbildung-bw.de/wp-content/uploads/2017/10/iaw_kurzbericht_2023_04.pdf

Kuhlmann, Martin (2023): Digitalisierung und Arbeit.

Eine Zwischenbilanz als Einleitung.

In: WSI-Mitteilungen 76, 5, S. 331–336.

www.wsi.de/data/wsimit_2023_05_kuhlmann.pdf

Kultusministerkonferenz (2024): Vorausberechnung der Anzahl der Studienanfängerinnen und -anfänger 2023 bis 2035. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 26.4.2024). Statistische Veröffentlichungen der Kulturministerkonferenz. Dokumentation 324.

www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/2024-04-26_Text_VB_Studienanfaenger.pdf

KVJS – Kommunalverband für Jugend und Soziales Baden-Württemberg (2024): Geschäftsbericht 2023/2024. Zahlen–Daten–Fakten zur Arbeit des Inklusions- und Integrationsamts.

www.kvjs.de/fileadmin/publikationen/schwerbehinderung/KVJS_Geschaeftsbericht_2023-2024.pdf

Land Baden-Württemberg (2023): Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) vom 7. Februar 2023.

www.landesrecht-bw.de/bsbw/document/jlr-KlimaSchGBW2023rahmen

Land Baden-Württemberg (2025): Land sichert Finanzierung der Hochschulen bis 2030. Pressemitteilung, 2.4.2025.

www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-sichert-finanzierung-der-hochschulen-bis-2030

Landeskreditbank Baden-Württemberg (2025): Klimaschutz-Plus:

Energie sparen.

www.l-bank.de/produkte/finanzhilfen/klimaschutz-plus-b-struktur-qualifizierungs-und-informationsprogramm.html

Landtag von Baden-Württemberg (Hg.) (2023): Die Zukunft der Energie- und Wärmeversorgung in Mannheim. Kleine Anfrage des Abgeordneten Dr. Boris Weirauch SPD und Antwort des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft. Drucksache 17/5591 vom 18.10.2023.

www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP17/Drucksachen/5000/17_5591_D.pdf

Lehr, Ulrike / Lutz, Christian / Edler, Dietmar / O'Sullivan, Marlene / Nienhaus, Kristina / Nitsch, Joachim / Breitschopf, Barbara / Bickel, Peter / Ottmüller, Marion (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

https://elib.dlr.de/69042/1/ee_arbeitsmarkt_final.pdf

Lehr, Ulrike / Banning, Maximilian / Edler, Dietmar / Flaute, Markus (2020): Analyse der deutschen Exporte und Importe von Technologiegütern zur Nutzung erneuerbarer Energien und anderer Energietechnologiegüter. GWS Research Report 2020/02. www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/analyse-der-deutschen-exporte-und-importe-von-technologieguetern.pdf?blob=publicationFile&v=22

Lehr, Ulrike / Edler, Dietmar / O'Sullivan, Marlene / Peter, Frank / Bickel, Peter / Ulrich, Philip / Lutz, Christian / Thobe, Ines / Simon, Sonja / Naegler, Tobias / Pfenning, Uwe / Sakowski, Fabian (2015): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb heute und morgen. Politikberatung kompakt 101.

www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.510565.de/diwkompakt_2015-101.pdf

Löckener, Ralf / Ulrich, Philip / Lehr, Ulrike / Sundmacher, Torsten / Timmer, Birgit / Vorderwülbecke, Arne (2016): Energiewende in Baden-Württemberg. Auswirkungen auf die Beschäftigung. Study 344. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung. www.boeckler.de/fpdf/HBS-006483/p_study_hbs_344.pdf

Lutz, Christian / Becker, Lisa (2025): Der Einfluss von CO₂- und Energiepreisen auf Energieverbräuche in der Industrie – Szenario-Analysen mit Panta Rhei. Climate Change 20/2025. www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/20_2025_cc.pdf

Lutz, Christian / Flaute, Markus / Lehr, Ulrike / Kemmler, Andreas / auf der Maur, Alex / Ziegenhagen, Inka / Wünsch, Marco / Koziel, Sylvie / Piégsa, Alexander / Straßburg, Samuel (2018): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. GWS Research Report 2018/04. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-4.pdf>

Lutz, Christian / Reuschel, Saskia / Stöver, Britta / Becker, Lisa / Kemmler, Andreas / Eiserbeck, Lukas / Leuschner, Viktoria / Limbers, Jan (2025): Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland im Kontext von Klimaschutz, Klimawandel und Klimaanpassung. Endbericht zum Forschungsauftrag „Auswirkungen des Klimawandels, des Klimaschutzes und der Klimaanpassung auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung in Deutschland (FA 05/22)“. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Osnabrück: Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung.

https://gws-os.com/fileadmin/downloads/endbericht_bmwk_klima_fa0255.pdf

Matthes, Britta; Dauth, Wolfgang; Dengler, Katharina; Gartner, Hermann / Zika, Gerd (2019): Digitalisierung der Arbeitswelt: Bisherige Veränderungen und Folgen für Arbeitsmarkt, Ausbildung und Qualifizierung. IAB-Stellungnahme 11/2019.

<https://doku.iab.de/stellungnahme/2019/sn1119.pdf>

Ministerium für Soziales, Gesundheit und Integration Baden-Württemberg (2024a): Landesregierung startet ressortübergreifende Gleichstellungsstrategie. Pressemitteilung, 29.2.2024
<https://sozialministerium.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/landesregierung-startet-ressortuebergreifende-gleichstellungsstrategie>

Ministerium für Soziales, Gesundheit und Integration Baden-Württemberg (2024b): Pressemitteilung, 1.7.2024.
www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/steigende-erwerbsquote-durch-zuwanderung

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2024a): Energiekonzept für Baden-Württemberg.
www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Energiekonzept-fuer-Baden-Wuerttemberg.pdf

Mönnig, Anke / Schneemann, Christian / Weber, Enzo / Zika, Gerd (2020): Das Klimaschutzprogramm 2030. Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch das Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung. IAB Discussion Paper 2/2020.
<https://doku.iab.de/discussionpapers/2020/dp0220.pdf>

Monsef, Roschan / Wendland, Finn Arnd (2022): Beschäftigte im Bereich erneuerbare Energien: Renaissance der beruflichen Ausbildung? Produktions- und Fertigungsberufe im Fokus der Energiewende. IW-Report 57/2022.

www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Report/PDF/2022/IW-Report_2022-Besch%C3%A4ftigte-Erneuerbare-Energien.pdf

Mordhorst, Lisa / Nickel, Sigrun (2019): Grenzloses Wachstum?

Entwicklung des dualen Studiums in den Bundesländern.

Arbeitspapier Nr. 212. Gütersloh: Centrum für Hochschulentwicklung.

www.che.de/download/grenzenloses-wachstum-entwicklung-des-dualen-studiums-in-den-bundeslaendern/?wpdmdl=13651&refresh=6810baaa730101745926826

Nahles, Andrea (2023): Fachkräftemangel – wo noch Potenziale schlummern. In: ifo Schnelldienst 12/2023, S. 14–16.

www.ifo.de/DocDL/sd-2023-12-berufseinstieg-wachstumsfaktor-kompetenzen.pdf

Nickel, Sigrun / Pfeiffer, Iris / Fischer, Andreas / Hüsch, Marc / Kiepenheuer-Drechsler, Barbara / Lauterbach, Nadja / Reum, Nicolas / Thiele, Anna-Lena (2022): Duales Studium: Umsetzungsmodelle und Entwicklungsbedarfe. Wissenschaftliche Studie. CHE Impuls 8. Gütersloh: Centrum für Hochschulentwicklung.

www.che.de/download/studie-duales-studium-umsetzungsmodelle-und-entwicklungsbedarfe/?wpdmdl=22073&refresh=6819d0519239d1746522193

Nickel, Sigrun / Thiele, Anna-Lena (2024): Check. Duales Studium in Deutschland. Daten-Analyse 2024. Gütersloh: Centrum für Hochschulentwicklung.

www.che.de/download/check-duales-studium/?ind=1705393618108&filename=1705393618wpdm_CHECK_Duales-Studium-in-Deutschland_2024.pdf&wpdmdl=29802&refresh=6819cb91d69921746520977

Palm (2024): Nachhaltigkeitsbericht 2023. Aalen: Papierfabrik Palm.
https://wellpack.ch/wp-content/uploads/PALM_Nachhaltigkeitsbericht_2023_DE.pdf

Prandtner, Sandra / Schwabl, Thomas (2019): War for Talents. 360-Grad-Studie: Arbeitnehmer | Arbeitgeber.
https://blog.wifiwien.at/wp-content/uploads/2019/03/War-for-talents_WIFI-Wien.pdf

PwC – PricewaterhouseCoopers (2020): Marktstudie ERP-Systeme in der Energiewirtschaft.

[www.pwc.de/de/energiewirtschaft/
marktstudie-erp-systeme-in-der-energiewirtschaft.pdf](http://www.pwc.de/de/energiewirtschaft/marktstudie-erp-systeme-in-der-energiewirtschaft.pdf)

PwC – PricewaterhouseCoopers (2024): Marktstudie zu ERP-Systemen in der Energiewirtschaft. PwC-Studie 2024: Navigationshilfe für Unternehmen.

[www.pwc.de/de/energiewirtschaft/
marktstudie-zu-erp-systemen-fuer-die-energiewirtschaft.html](http://www.pwc.de/de/energiewirtschaft/marktstudie-zu-erp-systemen-fuer-die-energiewirtschaft.html)

Resnjanskij, Sven / Ruhose, Sven / Wedel, Katharina / Wiederhold, Simon / Wößmann, Ludger (2023): Mentoring erhöht die Ausbildungsbeteiligung benachteiligter Jugendlicher. In: ifo Schnelldienst 12/2023, S. 7–10.

[www.ifo.de/DocDL/sd-2023-12-berufseinstieg-wachstumsfaktor-
kompetenzen.pdf](http://www.ifo.de/DocDL/sd-2023-12-berufseinstieg-wachstumsfaktor-kompetenzen.pdf)

Ronsiek, Linus / Schneemann, Christian / Mönnig, Anke / Samray, David / Schroer, Jan Philipp / Schur, Alexander Christian / Zenk, Johanna (2024): Arbeitskräftebedarf und Arbeitskräfteangebot entlang der Wertschöpfungskette Wasserstoff. Szenario-v2.1. IAB-Forschungsbericht 07/2024. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung.

[https://datapool-bibb.bibb.de/pdfs/
Schur_Arbeitskraefte_Wasserstoff.pdf](https://datapool-bibb.bibb.de/pdfs/Schur_Arbeitskraefte_Wasserstoff.pdf)

Roth, Ines (2018): Digitalisierung in der Energiewirtschaft: Technologische Trends und ihre Auswirkungen auf Arbeit und Qualifizierung. Working Paper Forschungsförderung 73. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.

[https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-006874/
p_fofoe_WP_073_2018.pdf](https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-006874/p_fofoe_WP_073_2018.pdf)

Sievers, Luisa / Breitschopf, Barbara / Pfaff, Matthias / Schaffer, Axel (2019): Macroeconomic impact of the German energy transition and its distribution by sectors and regions. In: Ecological Economics 160, S. 191–204.

[www.sciencedirect.com/science/article/pii/
S0921800918310073?via%3Dihub](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800918310073?via%3Dihub)

Spiess, Katharina (2024): Fachkräftemangel: Alle Potenziale nachhaltig nutzen und entwickeln! In: WSI-Mitteilungen 77, 2, S. 78.

www.wsi.de/data/wsimit_2024_02_kommentar.pdf

Statistisches Bundesamt (2021): Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau. Beschäftigte, Umsatz, Produktionswert und Wertschöpfung der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige.
www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/42251/table/42251-0001

Statistisches Bundesamt (2022): Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau. Beschäftigte, Umsatz, Produktionswert und Wertschöpfung der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige.
www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/42251/table/42251-0001

Statistisches Bundesamt (2024a): Statistik der Studenten – Studienanfänger: Deutschland (bzw. Bundesländer), Semester, Nationalität, Geschlecht, Studienfach. WS 2013/14 und 2023/24. Code: 21311-0006.
www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/21311/details

Statistisches Bundesamt (2024b): Güter und Leistungen für den Umweltschutz. Qualitätsbericht 2022.
www.destatis.de/DE/Methoden/Qualitaet/Qualitaetsberichte/Umwelt/queter-leistungen-umweltschutz-2022

Statistisches Bundesamt (2025a): Investitionen in Sachanlagen für den Umweltschutz: Deutschland, Jahre, Umweltschutztyp, Umweltbereiche, Wirtschaftszweige. Code: 32511-0004.
www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/32511/table/32511-0004/search/s/Mzl1MTE=

Statistisches Bundesamt (2025b): Umweltschutzbezogener Umsatz. Deutschland, Jahre, Umweltbereiche, Ursprung des Umsatzes, Wirtschaftszweige. GENESIS Datenbank, Code 32531-0005.
www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/32531-0005/search/s/dW13ZWx0c2NodXR6

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2023a): Energieverbrauch im Verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau und in der Gewinnung von Steinen und Erden in Baden-Württemberg 2022. Statistische Berichte Baden-Württemberg. Produzierendes Gewerbe. Artikel 3525 22001.
https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/352522001.pdf;jsessionid=RkU48w-UiauqIT-es0R3eVYHOJ7oVm4Go0h07VG4.webext04

- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2023b): Verarbeitendes Gewerbe in Baden-Württemberg. Jahresergebnis für Betriebe (Berichtskreis 20+). Produzierendes Gewerbe. Artikel 3520 22001.
www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/BWHeft_derivate_00024205/3520_22001.pdf
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2024): Emissionsbericht 2024. Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg. Artikel 2786 24001.
www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/QuerschnittsverF6ffentlichungen/278624001.pdf
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2025a): Erhebung der Güter und Leistungen für den Umweltschutz. Bestellte Sonderauswertung, nicht öffentlich verfügbar.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2025b): Umweltschutzinvestitionen der Betriebe im Produzierenden Gewerbe in Baden-Württemberg. Artikel 3662 21001.
www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/366221001.pdf
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2025c): Arbeitslosigkeit 2024 in allen Bundesländern gestiegen. Pressemitteilung 31/2025, 7.2.2025.
www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2025031
- Stettes, Oliver (2018): Keine Angst vor Robotern. Beschäftigungseffekte der Digitalisierung – eine Aktualisierung früherer IW-Befunde. IW-Report 11/2018.
www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Report/PDF/2018/IW-Report_Beschaeftigungseffekte_Digitalisierung.pdf
- Stohr, Daniel / Müller, Sandra / Fries, Jan Ludwig / Neist, Sebastian / Runschke, Benedikt / Spies, Sabrina / Höfgen, Teresa / Zimmermann, Sandra / Schnautz, Christian (2025): Berufliche Übergangspfade in der Automobil – und Zulieferindustrie in Baden-Württemberg. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BiW/Final_Studie_UEBergangspfade_050723.pdf
- SWR (2025a): Stuttgart: Sanierung in Rekordzeit: Altbau in Esslingen in nur 21 Tagen modernisiert. In: SWR Aktuell, 5.5.2025.
www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/stuttgart/esslingen-energetische-sanierung-in-nur-22-tagen-100.html

- SWR (2025b): Stuttgart: Neues „hochflexibles“ Gaskraftwerk ersetzt Kohlekraftwerk. Wasserstoff statt Kohle und Heizöl. In: SWR Aktuell, 11.4.2025.
www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/stuttgart/gaskraftwerk-muenster-in-betrieb-wasserstoff-fernwaerme-klimaneutral-erneuerbare-energien-100.html
- Ulrich, Philip (2023): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern. Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2021 in den Bundesländern. GWS Research Report 2023/03.
<https://papers.gws-os.com/gws-researchreport23-3.pdf>
- Ulrich, Philip / Becker, Lisa / Plassenberg, Jan (2024): Quantitative Erfassung des spezifischen Fachkräftebedarfs für den EE-Ausbau im Jahr 2021. GWS Research Report 2024/03.
<https://papers.gws-os.com/gws-researchreport24-3.pdf>
- Ulrich, Philip / Bernardt, Florian / Parton, Frederik / Sonnenburg, Anja / Többen, Johannes (2022): Das neue Länder-Modell. Beispieldaten zum Ausbau der Photovoltaik. GWS Discussion Paper 2022/02.
<https://papers.gws-os.com/gws-paper22-2.pdf>
- Ulrich, Philip / Edler, Dietmar (2025): Erneuerbar beschäftigt. Entwicklungen im Jahr 2023. GWS Kurzmitteilung 2025/1. Osnabrück: Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung.
https://gws-os.com/fileadmin/downloads/GWS-Kurzmitteilung_2025_1.pdf
- Ulrich, Philip / Edler, Dietmar / Ahlert, Gerd (2024): Fachkräftebedarf für den zukünftigen EE-Ausbau. Quantitative Abschätzungen bis zum Jahr 2030. GWS Research Report 2024/4.
<https://papers.gws-os.com/gws-researchreport24-4.pdf>
- Ulrich, Philip / Hembach-Stunden, Katharina / Stöver, Britta / Ragnitz, Joachim / Kremer, Anna / Landsberger, Albert / Nitschke, Remo (2023): Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen für die sächsische Wirtschaft. Dresden: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/43722/documents/66182>
- Ulrich, Philip / Lehr, Ulrike (2013): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern: Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2012 in den Bundesländern.
https://papers.gws-os.com/bericht_erneuerbar_beschaeftigt_bundeslaender_bf.pdf

Ulrich, Philip / Lehr, Ulrike (2018): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern. Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2016 in den Bundesländern. GWS Research Report 2018/02.

<http://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-2.pdf>

Ulrich, Philip / Naegler, Tobias / Becker, Lisa / Lehr, Ulrike / Simon, Sonja / Sutardhio, Claudia / Weidlich, Anke (2022): Comparison of macroeconomic developments in ten scenarios of energy system transformation in Germany: national and regional results. In: Energy, Sustainability and Society 12, Artikel 35.

<https://energsustainsoc.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s13705-022-00361-5.pdf>

Umweltministerium BW – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2024a): Energiekonzept für Baden-Württemberg, Stuttgart.

https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Energiekonzept-fuer-Baden-Wuerttemberg.pdf

Umweltministerium BW – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2024b): Klima-Maßnahmen-Register.

<https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima-energie/klimaschutz/klima-massnahmen-register>

Umweltministerium BW – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2024c): Monitoring der Klimaschutzziele und der Maßnahmenumsetzung.

<https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima-energie/klimaschutz/klima-massnahmen-register/monitoring>

Umweltministerium BW – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2025a): Das Klima-Maßnahmen-Register.

<https://klimaschutzland.baden-wuerttemberg.de/online-kmr>

Umweltministerium BW – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2025b): Förderprogramm „Unternehmen machen Klimaschutz“.

<https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/umwelt-und-wirtschaft/angebote-fuer-unternehmen/foerderprogramm-unternehmen-machen-klimaschutz>

VDI – Verein Deutscher Ingenieure/Institut der deutschen Wirtschaft (2025): Wir gestalten Zukunft. Der regionale Arbeitsmarkt in den Ingenieurberufen Sonderteil: Attraktive Perspektiven. Ingenieurmonitor 2024/III.

www.vdi.de/fileadmin/pages/mein_vdi/redakteure/publikationen/VDI-IW-Ingenieurmonitor-2024-Quartal-3.pdf

Wachsmuth, Jakob / Duscha, Vicki / Wietschel, Martin / Oberle, Stella / Herrmann, Ulrike / Graf, Marieke / Pfluger, Benjamin / Sorayaei, Mona / Brandes, Frederik / Gehrmann, Stefan / Rommelfanger, Janosch / Isik, Volkan / Köppel, Wolfgang / Heneka, Maximilian / Zubair, Asif / Vayas, Louis (2023): Transformation der Gasinfrastruktur zum Klimaschutz. Abschlussbericht. Climate Change 09/2023. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-03-31_cc_09-2023_transformation-gasinfrastruktur-klimaschutz.pdf

Walberg, Dietmar / Gniechwitz, Timo / Paare, Klaus / Schulze, Thorsten (2024): Wohnungsbau 2024 in Deutschland: Kosten – Bedarf – Standards. Die Krise als Einbahnstraße? Studie zu den Bedarfen, Rahmenbedingungen und Potenzialen durch angemessene Standards für den Wohnungsbau in Deutschland. Arbeitsgemeinschaft für Zeitgemäßes Bauen. Bauforschungsbericht 88.

[www.impulse-fuer-den-wohnungsbau.de/fileadmin/images/Studien/ARGE/ARGE-Studie %E2%80%93 Wohnungsbau-Tag 2024.pdf](http://www.impulse-fuer-den-wohnungsbau.de/fileadmin/images/Studien/ARGE/ARGE-Studie_%E2%80%93_Wohnungsbau-Tag_2024.pdf)

Walters, Patrisha / Zurawski, Mathias (2025): Teil der Energiewende: EnBW prüft Bau von neuem Gaskraftwerk in Karlsruhe. In: SWR aktuell, 9.4.2025.

www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/karlsruhe/kritik-am-geplanten-gaskraftwerk-rheinhafen-100.html

Wolf, Rainer (2023): Wie stark wird die duale Berufsausbildung von der demografischen Entwicklung beeinflusst? In: Statistisches Monatssheft Baden-Württemberg 2/2023, S. 25–32.

www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag23_02_03.pdf

ZSW – Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg / Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg / Öko-Institut / Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung / Hamburg Institute Research (2022): Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040. Teilbericht Sektorziele 2030.

www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/PDFs/SYS_Projekte/2022-06-24_Teilbericht_Sektorziele_BW.pdf

ZSW – Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg / Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg / Öko-Institut / Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung / Hamburg Institute Research (2023): Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040. Teilbericht Instrumente und Maßnahmen.

www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/Endbericht_Sektorziele_Klimaneutralitaet_BW_Juli23.pdf

Zika, Gerd / Hummel, Markus / Schneemann, Christian / Studtrucker, Maximilian / Kalinowski, Michael / Maier, Tobias / Krebs, Bennet / Steeg, Stefanie / Bernardt, Florian / Krinitz, Jonas / Mönnig, Anke / Parton, Frederik / Ulrich, Philip / Wolter, Marc Ingo (2021): Die Auswirkungen der Klimaschutzmaßnahmen auf den Arbeitsmarkt und die Wirtschaft. Forschungsbericht 526/5.

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-77188-6>

Zika, Gerd / Maier, Tobias / Mönnig, Anke / Schneemann, Christian / Steeg, Stefanie / Weber, Enzo / Wolter, Marc Ingo / Krinitz, Jonas (2022): Die Folgen der neuen Klima- und Wohnungsbaupolitik für Wirtschaft und Arbeitsmarkt. IAB-Forschungsbericht 3/2022.

<https://doku.iab.de/forschungsbericht/2022/fb0322.pdf>

Autorinnen und Autoren

Lisa Becker schloss 2017 ihr Studium der VWL an der Universität Münster ab. Der Schwerpunkt ihres Studiums lag in der Energie- und Klimaökonomie. Ihre Masterarbeit schrieb sie zu einem umweltökonomischen Thema. Seit 2017 arbeitet sie im Bereich Energie und Klima der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung. Ihr Aufgabenfeld umfasst insbesondere den makroökonomischen Modellbau auf nationaler Ebene zur Entwicklung von Szenarien und zur Untersuchung energiewirtschaftlicher Wirkungen.

Dr. Katharina Hembach-Stunden ist Volkswirtin mit akademischer Ausbildung an den Universitäten Bonn und Hamburg und Promotion an der Universität Osnabrück im Bereich Umweltökonomik mit verhaltensökonomischem Schwerpunkt. Seit 2022 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Energie und Klima bei der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung tätig. Ihre Forschung konzentriert sich auf die regional-ökonomischen Effekte von Klimaschutzmaßnahmen, Anpassungsstrategien an den Klimawandel und den Ausbau erneuerbarer Energien.

Ralf Löckener absolvierte an der Universität Münster ein Studium als Diplom-Geograph mit Schwerpunkt Wirtschafts- und Sozialgeographie und war danach zunächst als Consultant in den Feldern Industrie- und Regionalentwicklung tätig. 2001 gründete er zusammen mit Kollegen Sustain Consult und ist seitdem Geschäftsführender Gesellschafter. Inhaltlich konzentriert sich Ralf Löckener auf die Beratung und Forschung zu Fragen der nachhaltigen Entwicklung auf der Ebene von Unternehmen, Branchen und Regionen.

Dr. Jenny Sundmacher absolvierte ein Studium der Wirtschaftswissenschaften mit dem Schwerpunkt Umweltökonomie und Systemmanagement an der Universität Hannover. Zeitgleich mit ihrer Promotionstätigkeit arbeitete bei einer großen internationalen Unternehmensberatung im Bereich Public Sector und entwickelte dort nach Projekten in öffentlichen Einrichtungen ein Konzept zur Beratung kirchlicher Organisationen. Seit mehr als zehn Jahren leitet sie bei Sustain Consult den Bereich der Beratung kirchlicher Organisationen.

Birgit Timmer ist Diplom-Ingenieurin der Raumplanung (Universität Dortmund). Nach dem Studium war sie mehrere Jahre in einer Unternehmensberatung als Projektmanagerin im Bereich Wirtschaftsförderung und Management regionalwirtschaftlicher Cluster tätig. Seit 2002 ist sie Ge-

schäftsführende Gesellschafterin der Sustain Consult, die sie zusammen mit Kollegen gründete. Birgit Timmer ist ausgebildete Mediatorin, Moderatorin und Projektmanagerin. Sie führt vor allem Beratungsprojekte zur Industrie- und regionalwirtschaftlichen Entwicklung durch.

Philip Ulrich studierte an der Universität Würzburg Geographie und erwarb 2006 das Diplom. Er studierte zwei Semester an der Universität Umeå/Schweden (Bachelor of Science 2003). Seit Juli 2006 arbeitet er für die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung im Bereich regional- und umweltökonomischer Analysen und Modellierungen. Den Schwerpunkt bildet dabei die Darstellung ökonomischer Zusammenhänge auf Ebene der Bundesländer und der Regionen sowie die Analyse der ökonomischen Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen.

Anhang

Anhang 1: Berufe im Fokus – EE-Strom

Tabelle 14: Arbeitskräftebedarf im Bereich EE-Strom: Synthese aus erwartetem Arbeitskräftebedarf, Engpassanalyse und EE-Relevanz

Berufe (KldB 2010, Berufsgruppen)	quantitative Abschätzung 2030		Schlüssel- berufe*	Engpass**	Beispiele
	Bedeutung des Bedarfs- zuwachses	absoluter Bedarfs- zuwachs	Anzahl EE-Berufe	Wert (Fachkräfte)	
263 Elektrotechnik	■■	■■	5	2	2630–2632, 2638, 2639
321 Hochbau	■■	■	5	2,3	
342 Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik	■■	■	2	2,7	3420, 3421
311 Bauplanung u. -überwachung, Architektur	■	■	7	(1,7)	
262 Energietechnik	■	■	7	2,5	2621–2626, 2629
613 Immobilien- wirtschaft, Facility- Management	■■			1,6	
333 Aus-, Tro- ckenbau, Iso.Zim- mer, Glas.Roll.bau	■		3	2,5	3332, 3333, 3334
272 Techn. Zeich- nen, Konstruktion, Modellbau	■	■	2	2	
271 Technische Forschung und Entwicklung		■	1	k. A.	
524 Fahrzeugfüh- rung im Schiffsver- kehr	■■		1	k. A.	

212 Naturstein-, Mineral-, Baustoffherstellung	■■			(2,3)	
241 Metallerzeugung	■		1	(1,5)	
251 Maschinenbau- und Betriebs-technik		■■	4	1	
273 Technische Produktionspla-nung, -steuerung		■	3	1	
244 Metallbau und Schweißtechnik		■	3	2	2441–2443
511 Technischer Betrieb, Eisen-bahn, Luft-, Schiffsverkehr	■■		1	(1,3)	
322 Tiefbau			4	2,6	
261 Mechatronik und Automatisie-rungstechnik			2	2,3	
713 Unterneh-mensorganisation und -strategie		■■	2	2,3	
413 Chemie				2	
245 Feinwerk- und Werkzeugtechnik			1	1,8	
514 Servicekräfte im Personenver-kehr	■			1,3	
213 Industrielle Glasherstellung, -verarbeitung				(2,3)	
714 Büro und Sekretariat		■■	1	1,3	

Anmerkungen: *Schlüsselberufe: Anzahl 4-Steller-Berufe; **Engpassanalyse: Skala von 1,0 bis 3,0, kein Engpass: Werte <1,5, Engpass: Werte ≥ 2 , () = Deutschlandwert, falls für BaWü kein Wert berichtet wird
 Quelle: Ulrich/Edler/Ahler 2024; Koneberg/Jansen/Kutz 2022; Bundesagentur für Arbeit 2024c; eigene Zusammenstellung

Anhang 2: Berufe im Fokus – Gebäude

Tabelle 15: Arbeitskräftebedarf im Bereich Gebäude: Synthese aus erwartetem Arbeitskräftebedarf, Engpassanalyse und EE-Relevanz

Berufe (KldB 2010, Berufsgruppe)	quantitative Abschätzung 2030		Schlüssel- berufe*	Engpass**	Beispiele
	■ = EE-Wärme-Anlagen	□ = Gebäudehülle			
	■ = hoch, ■■ = sehr hoch				
Bedeutung des Bedarfszu- wachses	absoluter Bedarfszu- wachs	gemäß Spezifi- scher Stu- dien		Wert (Fach- kräfte)	Berufs- unter- gruppen
221 Kunststoff, Kautschukherstellung, -verarbeitung	■■			2,3	
244 Metallbau und Schweißtechnik	■			2	
261 Mechatronik und Au- tomatisierungstechnik	■			2,3	
262 Energietechnik	■■	■■	b	2,5	2621, 2624
263 Elektrotechnik	■■	■	b	2	
312 Vermessung und Kartografie	■■, □			(1,8)	
322 Tiefbau	■■, □			2,6	
342 Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik	■■	□	a, b	2,7	3421, 3423, 3429, 3432
343 Ver- und Entsorgung	■■	■	b	2	
423 Umweltmanagement und -beratung	■■			k. A.	
713 Unternehmensorga- nisation und -strategie	■■	■■, □		2,3	
714 Büro und Sekretariat		■■, □□		1,3	
251 Maschinenbau- und Betriebstechnik	■	■■, □		1	

212 Naturstein-, Mineral-, Baustoffherstellung	<input type="checkbox"/>		a	(2,3)	2122
311 Bauplanung u. -überwachung, Architektur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	a	(1,7)	3110, 3111, 3119
321 Hochbau	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	a	2,3	
333 Aus-, Trockenbau, Isolierung, Zimmerei, Glaserei, Rolladenbau	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	a	2,5	3339
331 Bodenverlegung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2,4	
332 Mal- und Stuckaturarbeiten, Bauwerksabdeckung, Bautenschutz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		2,2	
932 Innenarchitektur, Raumausstattung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			2,2	
223 Holzbe- und -verarbeitung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2,7	
214 Industrielle Keramikherstellung, -verarbeitung	<input type="checkbox"/>			k. A.	
213 Industrielle Glasherstellung, -verarbeitung	<input type="checkbox"/>			(2,3)	
525 Bau- und Transportgeräteführung	<input checked="" type="checkbox"/>			2	
421 Geologie, Geografie und Meteorologie	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			k. A.	
541 Reinigung		<input type="checkbox"/>		1,7	
341 Gebäudetechnik			b	0,8	
242 Metallbearbeitung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1,8	
273 Technische Produktionsplanung, -steuerung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1	

Anmerkungen: *Schlüsselberufe: a = Fries et al. (2024), b = BIBB Stellenausschreibungen (BIBB 2023); **Skala von 1,0 bis 3,0, kein Engpass: Werte <1,5, Engpass: Werte ≥ 2 , () = Deutschlandwert, falls für BaWü kein Wert berichtet wird

Quelle: Fries et al. 2024; Bundesagentur für Arbeit 2024c; eigene Zusammenstellung

Anhang 3: Gesprächsleitfaden

Leitfaden für die Gespräche mit Expert:innen aus Unternehmen (Management und Betriebsräte)

Information zu Beginn des Gesprächs

- Darstellung des Projekts (Ziele und Fragestellung) und der Intention der Interviews
- Hinweis auf Vertraulichkeit des Gesprächs. Erkenntnisse aus dem Gespräch werden anonymisiert verwendet und die Auswertungen erfolgen aggregiert. Aus den dargestellten Ergebnissen werden keine Rückschlüsse auf einzelne Unternehmen/Organisationen oder Personen möglich sein.
- Hinweis auf Bereitstellung der Ergebnisse
- Fragen, ob das Gespräch aufgezeichnet werden darf
- Frage nach dem verfügbaren Zeitfenster

Grobstruktur des Leitfadens

- Block 1: Orientierung / Erfassung der Situation
- Block 2: Bedeutung/Wirkung der Energiewende für das Unternehmen und Reaktion darauf
- Block 3: Von der Energiewende verursachte Veränderungen bei der Beschäftigung
 - 3.1: Teilbereich Ressourcen
 - 3.2: Teilbereich Belastungen/Arbeitssituation
 - 3.3: Teilbereich Einkommen und Arbeitsplatzsicherheit
 - 3.4: Zusammenarbeit der Betriebsparteien
- Block 4: Einschätzung zur langfristigen Entwicklung
- Block 5: Externe Unterstützung der Anpassung an die Energiewende
- Block 6: Abschließende Bewertung

Block 1: Orientierung / Erfassung der Situation

Interviewanweisung: Informationen möglichst vorab recherchieren.

- Aufgabenbereich des Gesprächspartners
- Eckdaten des Unternehmens
 - Größe (Beschäftigte, Qualifikationen, Umsatz, Frauenanteil)
 - Entwicklung in den vergangenen fünf Jahren
 - Eigentümer (familiengeführtes, öffentliches Unternehmen etc.)
 - Frauenanteil an den Beschäftigten
- Leistungen, Kunden und Märkte
- Prozesse der Leistungserstellung (z. B. Produktionsstufen, interne Wertschöpfung)

Block 2: Bedeutung/Wirkung der Energiewende für das Unternehmen und Reaktion darauf

Welche Bedeutung/Wirkung hat die Energiewende für das Unternehmen und wie wird darauf reagiert? Mit Blick auf ...

- Absatz der Leistungen?
 - Erwartungen bzgl. Umsatz / Inlands- und Auslandsumsatz
 - Hilft der Inlandsmarkt der (zukünftigen) Bearbeitung von Auslandsmärkten, m. a. W. funktioniert die Energiewende in Deutschland als Exportförderung?
 - Gibt es Veränderungen bzgl. der Absatzfelder/-regionen und entsprechende Marktverschiebungen? Wie reagiert das Unternehmen darauf?
- den Bezug von Vorleistungen?
- die Produktion (interne Prozesse, neue Verfahren)?
- Produkte (neue Produkte)?

Block 3: Von der Energiewende verursachte Veränderungen bei der Beschäftigung

Wie ist die Beschäftigung von den zuvor genannten Veränderungen betroffen?

Block 3.1: Teilbereich Ressourcen

Interviewanweisung: Auf den Energiewendebezug achten.

- Welche Arbeitsplätze gibt es vorrangig im Unternehmen? Welche haben einen besonderen Bezug zur Energiewende?
- Ausbildung: Bilden Sie aus? In welchen Bereichen? Duales Studium?
- Verändern sich Qualifikations-/Kompetenzanforderungen in den folgenden Bereichen? (Wie verändern sich die Weiterbildungs-, Entwicklungs- und Entfaltungsmöglichkeiten: Handlungsspielraum der Beschäftigten, Kompetenzen in der Arbeit und ihre Weiterentwicklung)
 - industrielle Kompetenzen
 - Kompetenzen im Bereich Technologie und Digitalisierung
 - Kompetenzen zur Sicherstellung zentraler Geschäftsprozesse
 - überfachliche Kompetenzen
- Wie bewältigt das Unternehmen geänderte Qualifikationsanforderungen?

Interviewanweisung: Zunächst offen fragen!

- Haben sich die Qualifizierungsangebote (intern und extern) verändert?
- Werden lernförderliche Arbeitsbedingungen geschaffen?
- Umfang für Weiterbildung (qualitativ, quantitativ)

- Wird bei der Qualifizierung mit anderen Partnern zusammengearbeitet?
- Müssen die Ausbildungsberufe im Unternehmen an veränderte Produkte oder Verfahren angepasst werden? (Passiert das bereits? Werden neue Berufsbilder selbst ausgebildet oder auf dem Arbeitsmarkt angeworben?)
Interviewanweisung: gezielte Nachfrage auf Ebene der Fachberufe
 - Welche Möglichkeiten der Aus- und Weiterbildung wären sinnvoll?
 - Verändern sich betriebliche Aufstiegschancen?
 - Fachkräftebedarf: Wie wirken die Veränderungen auf den Fachkräftebedarf?
 - Gibt es einen veränderten Fachkräftebedarf durch die Energiewende?
 - Kann dieser gedeckt werden?
 - Welche Strategien und Wege werden genutzt, um den geänderten Bedarf zu decken? (Ausbildung im Unternehmen, Weiterbildung, Zusatzqualifikationen, Umschulungsmöglichkeiten, Verlängerung der Tätigkeit im Alter, Arbeitsmarkt)
 - Haben sich bzw. werden sich Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten angesichts der genannten Veränderungen ändern?
 - Ist Arbeit mehr/weniger selbstständig plan- und einteilbar?
 - Möglichkeiten eigenen Ideen einzubringen / Beteiligung?
 - Führungsqualität und Betriebskultur: Wie wirken die Veränderungen auf Führungsqualität und Betriebskultur?
 - Wertschätzung durch die Vorgesetzten?
 - gute Arbeitsplanung durch die Vorgesetzten
 - Stellenwert der Personalentwicklung
 - Förderung der Zusammenarbeit
 - Sinn der Arbeit seitens der Beschäftigten: Sinnhaftigkeit der Arbeit für die Gesellschaft (Identifizierung mit der Arbeit, Motivation, ...)

Block 3.2: Teilbereich Belastungen/Arbeitssituation

Interviewanweisung: Auf den Energiewendebezug achten.

- Welche Veränderungen sind hinsichtlich des Anforderungsniveaus (steigend oder sinkend) zu erwarten?
 - soziale und emotionale Anforderungen: Werden sich die sozialen und emotionalen Anforderungen an Beschäftigung (z.B. Kommunikation, gegenseitige Unterstützung, Spaß bei der Arbeit, Kreativität, Abwechslung, Vielseitigkeit, ...) ändern?
 - körperliche Anforderungen (schwierige oder einseitige Arbeit)
 - Arbeitsintensität (Arbeitstempo, -menge)

- Stellenwert von Arbeits- und Gesundheitsschutz im Unternehmen?
(Umgang des betrieblichen Gesundheitsmanagements, Aktionen, ...)
- Arbeitszeit: Hat bzw. wird sich die Arbeitszeit verändern?
 - Lage der Arbeitszeit
 - Umfang der Arbeitszeit
 - Teilzeitmöglichkeit
 - verlässliche Arbeitszeit
- Arbeitsort: Hat bzw. wird sich durch die Energiewende der Anteil der Arbeit im Homeoffice verändern?
 - Homeoffice als Angebot oder als Notwendigkeit?
 - Welche Beschäftigungsgruppen betrifft das?
 - Anteil der Arbeitszeit im Homeoffice?
- Wird die Veränderung als Vor- oder Nachteil angesehen?

Block 3.3: Teilbereich Einkommen und Arbeitsplatzsicherheit

Interviewanweisung: Auf den Energiewendebezug achten.

- Veränderungen bei Einkommen und Rente?
 - Veränderungen hinsichtlich der Tarifbindung?
 - Veränderungen bei den betrieblichen Sozialleistungen?
 - Beschäftigungs- u. berufliche Zukunftssicherheit: Wird der Arbeitsplatz durch die Veränderungen sicherer?
 - Wie werden sich die Beschäftigungsverhältnisse verändern (unbefristete Arbeitsplätze, befristete, Leiharbeit, Werkverträge, ...)?
- Interviewanweisung: Fall nicht thematisiert – gibt es Unterschiede zwischen den verschiedenen Beschäftigengruppen?*

Block 3.4: Teilbereich Zusammenarbeit der Betriebsparteien

Interviewanweisung: Leitungskräfte und Betriebsräte bekommen unterschiedliche Fragen!

- Fragen an Leitungskräfte:
 - Spielt die Zusammenarbeit mit dem Betriebsrat eine Rolle?
 - Wie gestaltet sich diese?
 - Erfolgt die Einbindung der Arbeitnehmervertretung auch im Sinne erweiterter Mitbestimmung über BetrVG hinaus?
- Fragen an Betriebsräte:
 - Ist der Betriebsrat aktiv involviert?
 - Wenn ja, wie? Wenn ja, wird dies angenommen?
 - Wird der Betriebsrat, von der Unternehmensleitung mit einbezogen?
 - Wenn ja, wie? Wenn ja, wird dies vom Betriebsrat angenommen?

- Erfolgt die Einbindung der Arbeitnehmervertretung auch im Sinne erweiterter Mitbestimmung über BetrVG hinaus?

Block 4: Einschätzung zur langfristigen Entwicklung

- Werden stabile Verhältnisse bzgl. Umsatz und Märkte erwartet?
- Werden geregelte Verhältnisse einer reifen Branche bzgl. Beschäftigung und Entgelt erwartet?

Block 5: Externe Unterstützung der Anpassung an die Energiewende

- Nutzen Sie externe Unterstützung (Politik, Verbände etc.) bei der Anpassung an die Energiewende?
- Ist die externe Unterstützung hilfreich und ausreichend?
- Welche Art der externen Unterstützung wünschen Sie sich zur Anpassung an die Energiewende? (Wirtschaftspolitik, Bildungspolitik)

Block 6: Abschließende Bewertung

- Einschätzungen/Einstellungen zur Energiewende
 - Welche Chancen hat die Energiewende für das Unternehmen?
 - Welche Gefahren birgt die Energiewende für das Unternehmen?
 - Überwiegen die Chancen oder die Risiken?
 - Wie wird die Bedeutung der Energiewende heute eingeschätzt und wie war dies vor drei Jahren? Hat sich bei der Einschätzung der Bedeutung etwas verändert?
- Wenn Sie an die Wirkung der Energiewende auf Beschäftigung denken, haben Sie dann Vorschläge zur weiteren Ausgestaltung der Energiewende?

Anhang 4: Liste der Gesprächspartner:innen

Energieerzeugende Unternehmen / Energietechnik

- Beratung, Planung und Installation von Solarkraftwerken, Management
- Energieversorgungsunternehmen, Management
- Energieversorgungsunternehmen, Betriebsrat
- Energieversorgungsunternehmen, Management
- Energieversorgungsunternehmen, Management
- Energieversorgungsunternehmen (fossile Energieträger), Betriebsrat
- Energieversorgungsunternehmen (fossile Energieträger), Management
- Planung, Entwicklung und Betrieb von Anlage zur Stromerzeugung, Betriebsrat
- Planung, Entwicklung und Betrieb von energietechnischen Aggregaten und Anlagen, Management
- Planung, Errichtung und Finanzierung, der Betrieb von Einrichtungen zur regenerativen Energieerzeugung, Management
- Herstellung technischer Systeme, Ausrüster für Solarsysteme, Management
- Herstellung von elektrotechnischen Produkten, Ausrüster für Solarsysteme, Management
- Stadtwerke, Management
- Stadtwerke, Management und Betriebsrat
- Stadtwerke, Management

Energietransport und -verteilung

- Errichtung und Betrieb von Leitungen für den Gastransport, Management
- Errichtung und Betrieb von Transportnetzen zur Energieübertragung, Management
- Errichtung und Betrieb von Verteilnetzen für die Energie-, Wasser- und Wärmeversorgung, Management
- Errichtung und Betrieb von Verteilnetzen für die Energie-, Wasser- und Wärmeversorgung, Betriebsrat
- Bau von Ver- und Entsorgungsleitungen, Management
- Bau von Ver- und Entsorgungsleitungen, Betriebsrat
- Entwicklung und Herstellung von Produkten und Systemen im Bereich der Automatisierung von Stromnetzen, Betriebsrat
- Entwicklung und Herstellung von Produkten und Systemen im Bereich der Automatisierung von Stromnetzen, Management

Energieanwendende Industrie

- Papierhersteller, Betriebsrat
- Maschinenbauer, Betriebsrat
- Chemieindustrie, Management
- Automobilzulieferer, Betriebsrat
- Ingeniedienstleister, Management
- Metallverarbeitendes Unternehmen, Management

Gebäude

- Sanitär- und Heizungstechnik, Management
- Herstellung von Holzfertighäusern, Management
- Entwicklung und Herstellung von Produkten im Bereich Haustechnik, Betriebsrat
- Herstellung und Installation von solarthermischen Heizungen, Management

Wasserstoff

- Stadtwerke, Management
- Hersteller von Brennstoffzellen, Betriebsrat
- Hersteller von Brennstoffzellen, Betriebsrat
- Errichtung und Betrieb von energietechnischen Anlagen, Management
- Entwicklung und Betrieb von Produktionsanlagen für grünen Wasserstoff, Management

Überbetriebliche Einrichtungen

- Einrichtung zur beruflichen Weiterbildung
- Berufsverband
- Einrichtung des Handwerks
- Arbeitgeberverband
- Fachverband
- Gewerkschaft
- Forschungsinstitut
- Arbeitgeberverband
- Interessenverband
- Interessenverband
- Weiterbildungsanbieter

Anhang 5: Wirtschaftszweiggliederung

*Tabelle 16: Gruppierung der Wirtschaftszweige nach WZ 2008
(WZ 2-Steller)*

WZ	Bezeichnung
10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln
11	Getränkeherstellung
12	Tabakverarbeitung
13	Herstellung von Textilien
14	Herstellung von Bekleidung
15	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen
16	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)
17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus
18	Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern
19	Kokerei und Mineralölverarbeitung
20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen
21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
23	Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
24	Metallerzeugung und -bearbeitung
25	Herstellung von Metallerzeugnissen
26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen
27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
28	Maschinenbau
29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen
30	Sonstiger Fahrzeugbau
31	Herstellung von Möbeln
32	Herstellung von sonstigen Waren
33	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen

ISSN 2509-2359